

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR

**FORMAS DE EXPRESSÃO E RECUPERAÇÃO DO
VIGOR DE *Lagerstroemia indica* L. APÓS ADUBAÇÃO
EM DIFERENTES TIPOLOGIAS DA FLORESTA
URBANA DE IRATI-PR**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

SEVERO IVASKO JÚNIOR

IRATI-PR

2018

SEVERO IVASKO JÚNIOR

**FORMAS DE EXPRESSÃO E RECUPERAÇÃO DO VIGOR DE *Lagerstroemia indica*
L. APÓS ADUBAÇÃO EM DIFERENTES TIPOLOGIAS DA FLORESTA URBANA
DE IRATI-PR**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais, área de atuação em Silvicultura Urbana, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Rogério Bobrowski

Orientador

Profa. Dra. Kátia Cylene Lombardi

Co-orientadora

IRATI-PR

2018

Catálogo na Fonte
Biblioteca da UNICENTRO

IVASKO JÚNIOR, Severo.

I93f Formas de expressão e recuperação do vigor de *Lagerstroemia indica* L. após adubação em diferentes tipologias da floresta urbana de Irati-PR / Severo Ivasko Junior. – Irati, PR : [s.n], 2018.

75f.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Bobrowski

Coorientadora: Profª. Dra. Kátia Cylene Lombardi

Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais. Área de atuação em Silvicultura Urbana. Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR.

1. Engenharia Florestal – dissertação. 2. Arborização urbana. 3. Urbanismo.
I. Bobrowski, Rogério. II. Lombardi, Kátia Cylene. III. UNICENTRO.
III. Título.

CDD 634.9

TERMO DE APROVAÇÃO

Defesa Nº 111

Severo Ivasko Júnior

“Formas de expressão e recuperação do vigor de *Lagerstroemia indica* L. após adubação em diferentes tipologias da floresta urbana de Irati-PR”

Dissertação aprovada em 22/02/2018 como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, pela seguinte Banca Examinadora:



Dra. Daniela Biondi Batista
Universidade Federal do Paraná
Primeira Examinadora



Dra. Fabiana Schmidt Bandeira Peres
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Segunda Examinadora



Dr. Rogério Bobrowski
Universidade Estadual do Centro-Oeste
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

Irati - PR
2018

A Deus, aos meus queridos e amados
pais Severo Ivasko e Elizionete Trog
e ao meu irmão Luis Felipe Ivasko.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Em especial ao professor Dr. Rogério Bobrowski, pela orientação, compreensão, estímulo e confiança durante o desenvolvimento do trabalho;

À professora Dra. Kátia Cylene Lombardi, pela co-orientação, sugestões e auxílio;

À professora Dra. Fabiana Schmidt Bandeira Peres, pelas sugestões e correções;

À secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO) pela oportunidade de ingresso ao curso;

A todos os professores e funcionários da universidade, que contribuíram para a minha formação, desde a graduação;

À própria instituição UNICENTRO, cujos funcionários de maneira geral sempre me trataram da melhor forma possível durante os sete anos que fiz parte dessa equipe;

À CAPES pela concessão de bolsa de estudos, contribuindo para a realização da pesquisa;

Aos integrantes do laboratório de Silvicultura Urbana da UNICENTRO, Guilherme José Mores, Marina Henich, Davi Steffen, Jonathan Mateus dos Santos, Kaline Nadal, Laysa Resner, Jessyca Sperotto, Daniela Sanson e Jéssica da Mata, que contribuíram para a realização do trabalho;

Em especial ao meu pai Severo Ivasko, minha mãe Elizionete Trog e meu irmão Luis Felipe Ivasko por todo o amor e ajuda durante toda a vida;

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	ii
ABSTRACT.....	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo Geral.....	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1 Considerações gerais sobre a floresta urbana.....	4
3.2 Manejo das tipologias da floresta urbana.....	6
3.3 Solo Urbano	8
3.4 Adubação.....	10
3.5 Vigor das árvores urbanas	11
3.5.1 Vigor vegetativo.....	13
3.5.2 Vigor fisiológico	14
3.5.3 Vigor de florescimento.....	16
3.6 <i>Lagerstroemia indica</i> L.....	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1 Localização e descrição das áreas de estudo	21
4.2 Procedimento metodológico de pesquisa	25
4.3 Avaliação das características de vigor.....	31
4.3.1 Vigor vegetativo.....	31
4.3.2 Vigor fisiológico	33
4.3.3 Vigor de florescimento.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
5.1 Vigor vegetativo	36
5.2 Vigor fisiológico	50
5.3 Vigor de florescimento	54
6. CONCLUSÕES.....	61
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
ANEXOS.....	76

RESUMO

Severo Ivasko Júnior. Formas de expressão e recuperação do vigor de *Lagerstroemia indica* L. após adubação em diferentes tipologias da floresta urbana de Irati-PR.

Os efeitos prejudiciais do processo de urbanização sobre as árvores presentes nas cidades suscitam a busca por alternativas que visem conter os danos e manter os benefícios proporcionados por elas. O presente estudo teve por objetivo caracterizar diferentes formas de expressão e recuperação do vigor em *Lagerstroemia indica* L. em um parque, uma praça e quatro canteiros da arborização de calçadas na cidade de Irati-PR. Para isso, dois experimentos em campo foram avaliados. Após as mensurações do vigor vegetativo, fisiológico e de florescimento das árvores, na estação de crescimento de 2016, foi realizada a calagem. No experimento 1 avaliou-se a elevação em 100% dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio do solo do parque e dos quatro canteiros da arborização de calçadas, a partir da interpretação dos teores desses nutrientes na análise de solo. No experimento 2, as árvores da praça foram submetidas a aplicação de dosagens crescentes de fósforo em 50, 100, 150 e 200% do teor observado no solo. Na estação de crescimento de 2017, foi realizada a remediação das condições de vigor visando avaliar o efeito da adubação sobre essas características. Os dados referentes ao experimento 1 foram analisados pelos testes de Wilcoxon e Friedman, enquanto os dados do experimento 2 foram analisados pelo teste de Kruskal-Wallis. Observou-se que para as variáveis comprimento do ramo, distância média entrenós, área foliar, largura e comprimento da floração, o tratamento com adubação potássica e fosfatada, no experimento 1, e a maior dosagem de adubação fosfatada (200%), no experimento 2, proporcionaram as maiores médias, enquanto as variáveis índice de cor verde escuro e clorofila a e b não foram afetadas pelos tratamentos de ambos os experimentos. Conclui-se que o vigor vegetativo e de florescimento foi elevado significativamente pela adubação, enquanto o vigor fisiológico não foi responsivo a aplicação dos fertilizantes. Deste modo, no experimento 1, a adubação com 351 mg/dm³ de K⁺ e 12 mg/dm³ de P no solo e, no experimento 2, a aplicação de 10 mg/dm³ de P proporcionaram as maiores expressões de vigor em *Lagerstroemia indica* L.

Palavras-Chave: arborização urbana, adubação, vigor.

ABSTRACT

Severo Ivasko Júnior. Forms of expression and recovery of the vigor of *Lagerstroemia indica* L. after fertilization in different typologies of the urban forest in Irati-PR

The negative effects of urbanization over urban trees claims the search for alternatives to control damages in order to maintain the benefits provided by them. The present study aimed to characterize different forms of expression and recovery of vigor of *Lagerstroemia indica* L. in an urban park, in a public square, and in the sidewalks of streetscape composition in the city of Irati-PR. For this, two field experiments were evaluated. After measurements of vegetative, physiological, and flowering vigor of trees in the growing season of 2016, liming was applied in the soil. The experiment 1 tested the elevation of nitrogen, phosphorus, and potassium contents in a 100% base in relation to the soil content observed in the soil analysis interpretation from the urban park and the from sidewalks. The experiment 2 tested increasing phosphorus dosages at 50, 100, 150 and 200% of the initial soil content over trees in the public square. In the growing season of 2017, a remeasure of vigor was carried out aiming to evaluate the effect of the fertilization applied. Data from experiment 1 were analyzed by means of Wilcoxon and Friedman tests, while data from experiment 2 data were analyzed by means of Kruskal-Wallis test. It was observed that for length of the branch, average distance internodes, leaf area, width and length of flowering, treatments with potassium and phosphate fertilization, in experiment 1, and the higher dosage of phosphate fertilization (200%), in experiment 2, provided the highest mean values. The variables dark green color and chlorophyll a and b were not affected by the treatments given in both experiments. It is concluded that the vegetative and flowering vigor was significantly affected by fertilization, while the physiological vigor was not responsive to fertilizer application. Therefore, in experiment 1, fertilization with 351 mg/dm³ of K⁺ and 12 mg/dm³ of P in soil, and in experiment 2, the application of 10 mg/dm³ of P, provided the highest expressions of vigor in *Lagerstroemia indica* L.

Keywords: urban afforestation, fertilizing, vigor.

1. INTRODUÇÃO

Os benefícios proporcionados pela implantação e manutenção das árvores urbanas são muito significativos, haja vista a importância da arborização e a sua influência sobre as características do ambiente urbano das cidades. Um estudo realizado por McPherson et al. (2002) indicou que os benefícios líquidos médios anuais por árvore eram de \$1 a \$8 para árvores pequenas, \$19 a \$25 para árvores médias e \$48 a \$53 para árvores de grande porte, considerando a economia de energia, redução da taxa de dióxido de carbono atmosférico, melhoria da qualidade do ar, redução do escoamento das águas pluviais e benefícios estéticos nas cidades americanas (WOLF, 2004).

No entanto, a maioria das árvores constituintes das áreas urbanas se desenvolve sob condições variadas de estresse devido à condição ambiental dos centros urbanos (BRUNE, 2016). Estes espaços são caracterizados pela alta taxa de poluição atmosférica, temperatura, umidade relativa do ar e regime de chuvas alterados, muito modificados em relação à região de ocorrência natural das espécies, principalmente no caso das espécies exóticas introduzidas, que necessitam de uma maior adaptabilidade ao ambiente.

De acordo com Roy et al. (2012), além do acelerado processo de urbanização contribuir para a degradação das áreas urbanas, a má condição das árvores presentes nesses locais não permite que as mesmas contribuam para amenizar os problemas ambientais ocorridos nos centros urbanos.

Árvores pouco adaptadas às condições do ambiente urbano tendem a se desenvolver menos e com uma taxa de crescimento mais lenta. Desta forma, podem não demonstrar um desempenho adequado de suas funções nos aspectos ambiental, estético, econômico e psicossocial, se comparadas com árvores altamente adaptadas.

Watson e Hewitt (2012) afirmaram que as condições adversas do ambiente urbano, como por exemplo, a limitação do crescimento do sistema radicular pode reduzir em até 50% o crescimento e a expressão do vigor das árvores submetidas a essas condições, limitando inclusive a qualidade dos serviços ecossistêmicos prestados por elas ao longo do seu ciclo de vida.

Além disso, o processo de manutenção e manejo da vegetação das cidades raramente é feito pelas prefeituras ou outros órgãos responsáveis, pela crença, principalmente no Brasil, de que os gastos despendidos com a manutenção da arborização das cidades são vistos como um

ponto negativo, sem considerar as consequências positivas e os benefícios proporcionados pela correta gestão dos indivíduos arbóreos dos espaços urbanos.

Uma das formas de saber se as árvores estão desempenhando suas funções de forma satisfatória é mensurar as características de vigor expressas por elas, tanto morfológicamente, considerando aspectos relacionados às folhas, ramos, tronco, raízes, flores e copa, mas também fisiologicamente, considerando o desenvolvimento metabólico e o processo de fotossíntese.

De acordo com Allison e Wang (2015), a análise prévia das condições externas visíveis das árvores pode indicar um reflexo da situação em seus órgãos internos, assim, árvores que expressam baixo vigor externamente tendem a apresentar condições internas também comprometidas.

A intensidade dessa condição de desenvolvimento das árvores é influenciada, principalmente, por fatores relacionados à condição ambiental à qual a árvore está exposta. Neste contexto, o caráter nutricional tende a ser um dos aspectos que mais influencia o crescimento vegetal, pois todas as árvores dependem da disponibilidade, em condições ideais, dos elementos minerais no solo para que consigam se desenvolver adequadamente.

Na Austrália, as variações de qualidade dos solos, bem como suas características edafoclimáticas, servem como parâmetro para a tomada de decisão sobre a dosagem de fertilizantes a ser aplicada, para suportar o desenvolvimento da arborização urbana (RESENDE et al., 2005).

Apesar das árvores urbanas serem comprovadamente responsivas ao processo de adubação, os estudos que envolvem esse tema são escassos, o que demonstra a necessidade de realizar pesquisas envolvendo as espécies utilizadas na arborização urbana, principalmente em árvores já estabelecidas. Além disso, é importante que os órgãos responsáveis pela gestão da arborização das cidades tomem conhecimento desses estudos como forma de demonstrar na prática que o manejo tem a capacidade de proporcionar maior economia aos cofres públicos, visto que o custo com a adubação pode muitas vezes reduzir gastos com outras atividades de manejo, como por exemplo, a substituição de indivíduos de baixo vigor.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Caracterizar diferentes formas de expressão do vigor e a recuperação desta característica em *Lagerstroemia indica* L., após adubação com NPK, em diferentes tipologias da floresta urbana da cidade de Irati-PR.

2.2. Objetivos Específicos

- a) Avaliar as formas de expressão que mais indicam o vigor vegetativo, fisiológico e de florescimento em *L. indica* antes e depois da aplicação de diferentes doses de fertilizantes;
- b) Determinar qual formulação de fertilizante composto (NPK) assume maior efeito sobre a expressão do vigor vegetativo, vigor fisiológico e o vigor da floração;
- c) Determinar qual dosagem de adubação fosfatada assume maior efeito sobre a expressão do vigor vegetativo, vigor fisiológico e o vigor da floração;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Considerações gerais sobre a floresta urbana

Com o passar dos anos, o ambiente urbano vem sofrendo uma série de impactos negativos devido ao crescimento acelerado das cidades, com uma expressiva transição de vastas áreas de ecossistema natural em áreas recobertas por edificações, pavimentações, aterros. Esses processos de substituição da cobertura vegetal têm alterado a condição microclimática dos locais urbanizados, onde as edificações elevam a absorção da radiação solar diurna, o que causa desconforto ambiental pela formação de “ilhas de calor”, além de interferir nos processos de amenização acústica, retenção de material particulado da atmosfera, proteção do solo e no comportamento da avifauna (SCHUCH, 2006; CERQUEIRA; PIMENTEL DA SILVA, 2016; MARTINI; BIONDI, 2015; NURUZZAMAN, 2015; HEUSINKVELT, 2016).

Os impactos derivados da ocupação urbana são consideráveis, visto que, de acordo com informações do IBGE (2016), mais de metade da população mundial reside em ambientes urbanos e a projeção para 2050 gira em torno de 70% de toda a humanidade.

Carbone et al. (2015) sugerem que para minimizar os efeitos negativos é importante criar e conservar áreas verdes para proporcionar benefícios diversos à população urbana, visto que as árvores podem ser consideradas a principal infraestrutura de capital ativo do ambiente, que requerem cuidados e manutenção por parte dos órgãos públicos. Isto pode ser feito por meio das diferentes tipologias da floresta urbana que permitem a utilização de diferentes formas de vida vegetal na composição dos espaços (SINGH, 2013; BIONDI, 2015).

Atualmente, o conjunto da vegetação arbórea das cidades tem sido tratado com base no conceito de Floresta Urbana. De acordo Magalhães (2006), o termo “floresta urbana” passou a ser mais utilizado por considerar uma visão mais ampla da paisagem, além de integrar todas as situações de cobertura arbórea, constituindo árvores isoladas, em grupos ou florestas.

Neste interim, a floresta urbana pode ser entendida como toda cobertura vegetal situada dentro do perímetro urbano, a qual inclui diferentes formas de vida como árvores, arbustos, trepadeiras, herbáceas, plantas de forração, plantas aquáticas e outras (BONDI, 2015). Entretanto, esta autora afirma que para se entender a abrangência deste conceito não se

pode considerar apenas a situação geográfica da floresta e de sua naturalidade, mas também a relação dos diferentes elementos vegetais com variáveis do meio urbano como o adensamento das construções, a impermeabilização do solo e a elevada concentração de pessoas.

Alexander e McDonald (2014) apresentam uma definição similar e mais sucinta, referindo-se à floresta urbana como sendo constituída por árvores, arbustos e outros elementos da fauna e flora presentes entre as ruas e parques das cidades. Esses autores ainda se referem à floresta urbana como “investimento verde”, considerando os benefícios econômicos por elas proporcionados.

De acordo com Nowak et al. (2010), as florestas urbanas são um componente essencial da infraestrutura verde e seus benefícios ultrapassam os limites das cidades onde estão localizadas, além de serem consideradas parte integrante dos ecossistemas comunitários, onde seus vários elementos componentes, tais como pessoas, animais, edifícios, infraestrutura, água e ar interagem e afetam significativamente a qualidade de vida das cidades.

Para Biondi (2015), a floresta urbana pode ser estudada e compreendida em dois grandes compartimentos (a floresta urbana pública e a floresta urbana particular) que se subdividem nas seguintes tipologias: bosques e jardins residenciais, arborização de ruas, áreas verdes culturais (praças e largos) e fragmentos florestais.

Para cada tipologia da floresta almeja-se a oferta de benefícios diversificados à população, os quais podem ser de ordem ambiental, econômica, psicossocial e estética. Os benefícios ambientais contemplam a regulação microclimática e a melhoria do conforto ambiental, a redução do escoamento superficial, redução da poluição e das partículas em suspensão, a redução da poluição sonora, o controle da claridade e reflexão da luz, a preservação de exemplares da fauna e flora, bem como proporcionar a riqueza de espécies, a manutenção do estoque e da qualidade da água, além da captura do carbono atmosférico pelo processo de fotossíntese. Os benefícios econômicos envolvem a valorização dos imóveis, redução do consumo de energia, a preservação da qualidade do asfalto, o estímulo ao consumo de bens e serviços e o estímulo ao turismo. Dentro dos benefícios psicossociais, pode-se citar o auxílio na recuperação da saúde física e mental, a promoção do convívio social, da recreação e educação ambiental, da redução do estresse, da qualidade de vida e a regulação da segurança pública. Já os benefícios estéticos podem ser a adição de linhas, formas, texturas e cores, adição de movimento à paisagem, ampliação ou redução de escala e uniformização das linhas (BIONDI; ALTHAUS, 2005; LIMA; AMORIM, 2006;

MUNEROLI; MASCARÓ, 2010; NOWAK et al., 2010; MARTINI et al., 2011; SINGH, 2013; BOBROWSKI, 2015).

De maneira geral, a arborização da maioria das cidades brasileiras passa por um planejamento prévio inadequado, sem a adoção de estratégias de gestão ambientalmente seguras que possam promover o desenvolvimento sustentável das cidades. Por esse motivo, podem ocorrer conflitos entre uma determinada espécie e o ambiente onde ela está inserida, gerando danos às infraestruturas urbanas ou às árvores, o que dificulta a potencialização dos benefícios almejados (BIONDI; ALTHAUS, 2005; MAZZAROTTO et al., 2011; RESENDE, 2011; BOBROWSKI, 2015).

Para Singh (2013), o planejamento urbano realizado pelas prefeituras deve considerar inicialmente a classificação e separação entre as terras propícias ao desenvolvimento de árvores e aquelas adequadas para suportar as edificações e outras estruturas urbanas, como forma de possibilitar um equilíbrio do meio, e, conseqüentemente, proporcionar uma cobertura vegetal adequada, trazendo soluções técnicas viáveis para incorporar as árvores no planejamento.

3.2 Manejo das tipologias da floresta urbana

O manejo da vegetação componente dos núcleos urbanos vem sendo encarado como um desafio devido à ocorrência de inúmeros problemas ambientais que tem afetado os recursos naturais e as estruturas urbanas, principalmente nas regiões metropolitanas. Por conta disso, é essencial que se busquem práticas de gestão sustentáveis, de forma a preservar a qualidade de vida dos elementos vegetais nas cidades, tendo em vista a constante modificação da paisagem local, aliada à conseqüente alteração do equilíbrio natural existente que o processo de urbanização proporciona (BADIRU et al., 2005; LOCASTRO et al. 2017).

O manejo da vegetação nas cidades é dificultado principalmente pelo fato do plano diretor de grande parte dos municípios brasileiros não contemplar o planejamento da arborização urbana, de forma que na maioria dos casos o poder público não realiza nenhum estudo técnico prévio que antecede o plantio e o manejo das árvores, dificultando assim a adequação e padronização dos procedimentos de manejo necessários à manutenção da vegetação urbana (FARIA et al., 2007; ALMEIDA, 2009).

Para que se realize um planejamento adequado da arborização, é necessário que o órgão público responsável estabeleça previamente uma série de objetivos a serem atingidos com a implantação da floresta urbana. Dentre esses objetivos podem-se destacar o estabelecimento e manutenção de determinados níveis ideais de cobertura do dossel das árvores, distribuição de idades e diversidade de espécies, devendo-se priorizar as nativas. Além disso, é imprescindível realizar o planejamento de operações que visem a manutenção das condições saudáveis de fitossanidade das árvores, além de garantir o apoio da comunidade e de agentes públicos e privados (KENNEY et al., 2011).

De acordo com Bobrowski e Biondi (2014), os indicadores de gestão da arborização de ruas são considerados uma ferramenta de fácil aplicação que permite a avaliação do cumprimento desses objetivos.

Dessa maneira, o êxito do planejamento depende da aplicação de políticas públicas adequadas que promovam o engajamento da população em todo o processo de arborização, inclusive nas operações de manejo. Essas atividades de manejo da floresta urbana contemplam as operações realizadas desde a escolha da espécie até o seu acompanhamento fitossanitário, passando pelas atividades de plantio, adubação e poda (PIVETTA; SILVA FILHO, 2002; LAGOA, 2008).

Geralmente, as soluções técnicas mais adequadas para as operações de plantio costumam ser mais onerosas e, por isso, tendem a ser ignoradas. Dentre essas técnicas, pode-se citar o emprego de um tamanho variável e adequado de cova de plantio, que dependerá das condições do solo, diâmetro do torrão e diâmetro do caule da muda (HARRIS et al., 1999), sendo que quanto mais pobre o solo, maior deverá ser a cova (ROSSETTI et al., 2010).

Atividades como adubação são fundamentais para o estabelecimento satisfatório dos elementos arbóreos logo após o plantio (INGHAM et al., 2005) apesar de haver afirmação de que isto se constitua em algo inefetivo, principalmente se as mudas passaram por um bom método de produção em viveiro, com adequada adubação (HARRIS et al., 1999).

Entretanto, considerando a importância da realização de adubações periódicas nas diferentes tipologias da floresta urbana, com o objetivo de suprir a necessidade nutricional das árvores, essa atividade é muitas vezes negligenciada pelo poder público responsável, aliado ao fato de que, quando ocorre, não é acompanhada de uma análise prévia do solo, de modo que a quantidade ideal de nutrientes requeridos para as árvores não é conhecida (LAGOA, 2008; KIM et al., 2015).

A atividade de adubação pode ser realizada utilizando-se adubos de liberação rápida, lenta ou controlada de nutrientes, com aplicação sobre a superfície, logo abaixo da superfície ou por gotejamento no solo, ou ainda pulverizado sobre as folhas das árvores (BRUNETTI; FINI, 2017).

Outra prática importante é a realização de podas, periodicamente ou quando necessário, visando a remoção de ramos doentes, quebrados ou mortos, protegendo a árvore contra possíveis danos causados por fungos apodrecedores, além de reduzir o risco de incidentes com as estruturas urbanas. A atividade de poda pode ser considerada de grande importância na arboricultura, pois se destaca como uma atividade fundamental de manejo da arborização das cidades (CLARK; MATHENY, 2010; ROSSETTI et al., 2010).

De acordo com Martins et al. (2010), outra forma eficaz de reduzir possíveis danos à saúde das árvores é realizar periodicamente o controle fitossanitário. Isso pode garantir o bom desenvolvimento da arborização, uma vez que ataques de brocas e cupins podem ser constantes e controlados com a remoção da parte da planta atacada se diagnosticados precocemente, além de ser uma ferramenta importante para averiguar eventuais necessidades de manejo ou substituição das árvores.

3.3 Solo Urbano

De acordo com Urban (2008), os solos urbanos são aqueles encontrados em fazendas, áreas residenciais e ruas das cidades, ou em qualquer outro lugar onde o solo foi movido, classificado, compactado ou contaminado, sendo a atividade humana tida como agente principal da sua modificação (LI, 2014). Uma observação sobre esse conceito é que o solo urbano não deve ser classificado conforme os limites geográficos onde se encontra, mas sim quanto às características que apresenta (PEDRON et al., 2004).

Dentre as principais características dos solos urbanos, destacam-se a grande variabilidade espacial e vertical, a modificação da sua estrutura conduzindo à compactação, a presença de uma crosta na superfície do solo descoberto, geralmente hidro-repelente, o pH modificado, geralmente reduzido, as restrições de aeração e drenagem, o ciclo de nutrientes interrompido, as atividades dos organismos do solo modificadas, a presença de materiais antrópicos e outros contaminantes e poluentes, além de regimes de temperatura modificados (PEDRON et al., 2004; URBAN, 2008; POUYAT et al., 2010; LI, 2014).

De acordo com Reichert et al. (2015), o fato do solo urbano apresentar tais características decorre da constante exposição à contaminação por veículos e empresas, petróleo, gás, fertilizantes, pesticidas e outros poluentes, o que modifica suas características químicas, além das atividades de construção civil e outras modificações na estrutura urbana das cidades, que vem ocasionando alterações físicas no solo.

Diante do irreversível e incontrolável processo de urbanização, Lehmann (2010) destaca que a qualidade de vida nas cidades depende da manutenção da funcionalidade dos solos em áreas urbanas.

O solo urbano tem como principais funções o suporte de produções agrícolas e florestais, armazenamento e filtração de nutrientes, substâncias e água no meio urbano, podendo também servir como fonte de material para obras civis e meio para descarte de resíduos, além de ser parte constituinte do patrimônio histórico e arqueológico de várias cidades (PEDRON et al., 2004; LEHMANN, 2010).

Uma das funções de maior relevância do solo no meio urbano tem relação direta com o ciclo hidrológico da água porque auxilia na redução do potencial de enchentes, devido à presença de poros no solo, que são capazes de armazenar água e reduzir o fluxo contínuo da enxurrada em direção aos rios. Nesse contexto, a importância dos solos urbanos é potencializada com a presença de árvores em sua superfície, pois o sistema radicular da vegetação é capaz de descompactar o solo e facilitar a absorção de quantidade considerável de água, evitando enchentes (ALVES, 2015; McGRANE, 2016).

Alves (2015), ao estudar a influência da arborização sobre a capacidade de interceptação da água da chuva e suas influências sobre o escoamento superficial urbano, na cidade de Uruaçu, Goiás, constatou redução das vazões de pico de $4,19\text{m}^3/\text{s}$ para $0,77\text{m}^3/\text{s}$, comparando áreas com e sem arborização.

Apesar da sua inegável importância na sustentação das cidades, o solo é um recurso menosprezado em meio ao crescimento desordenado das cidades, com características e potencial de uso pouco conhecidos. Muitas vezes não existe conhecimento da relação entre a espécie a ser implantada e o solo que servirá de suporte, o que prejudica o desenvolvimento das árvores, aliado ao fato de que o solo pode apresentar suas propriedades físicas, químicas e biológicas alteradas, resultado muitas vezes da alteração ou remoção dos horizontes do solo (POUYAT et al., 2010; MANCUSO et al. 2015).

3.4 Adubação

Como o solo urbano tem por característica apresentar alterações na estrutura e constituição dos perfis, os elementos constituintes da arborização urbana tendem a se desenvolver sob condições de baixa fertilidade e elevada acidez, em condições de pH inferior a 5,0 e elevadas concentrações de alumínio e manganês (BELLOTE; NEVES, 2001; VIEIRA et al., 2015).

Apesar dos relevantes benefícios proporcionados, a calagem é capaz de corrigir parte dos problemas do solo, mas a adubação é necessária para que se consiga fornecer as quantidades totais de nutrientes que as plantas necessitam, visando potencializar seu desenvolvimento diante do estressante ambiente urbano (BELLOTE; NEVES, 2001; KNOX et al., 2002).

Os nutrientes mais utilizados na adubação de árvores urbanas, assim como para as árvores componentes de plantios comerciais, são o nitrogênio, o fósforo e o potássio. Cada um desses elementos desempenha funções específicas que irão influenciar determinadas características relacionadas ao desenvolvimento das árvores. Enquanto o nitrogênio é responsável por proporcionar um maior desenvolvimento vegetativo, o fósforo tende a influenciar a floração das espécies e o potássio atua na maioria das funções fisiológicas dentro do organismo das plantas (GOATLEY JUNIOR; HENSLER, 2011; PARREIRAS, 2014).

De acordo com Harris et al. (1999), a resposta mais visível após a aplicação de nitrogênio e do potássio é o aumento do crescimento dos ramos, enquanto a adição de fósforo favorece o desenvolvimento do sistema radicular das plantas. Além destes, o cálcio e o magnésio são importantes para o desenvolvimento dos frutos.

Dentre os macronutrientes, nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e enxofre são móveis, enquanto o cálcio é imóvel nas plantas. No solo, nitrogênio e magnésio são móveis, já fósforo, enxofre e potássio são imóveis (HARRIS et al., 1999).

Já os micronutrientes, que tem importância na realização de vários processos metabólicos das plantas, também diferem quanto a sua mobilidade. Molibdênio e zinco são móveis, enquanto boro, ferro, manganês e cobre são imóveis nas plantas. No solo, boro, cobre, ferro, molibdênio e zinco são móveis, já o manganês é imóvel (HARRIS et al., 1999).

Bertolini et al. (2012), estudando a influência da incorporação de NPK 08-20-10 sobre o crescimento em altura de mudas de 16 espécies florestais utilizadas na arborização urbana,

entre elas canafístula, canjerana, caroba, guajuvira, ipê-amarelo, ipê-roxo, louro-pardo e peroba, constataram que todas as espécies responderam positivamente à adubação, com destaque para a canafístula que demonstrou maior incremento.

3.5 Vigor das árvores urbanas

De modo geral, a avaliação qualitativa das árvores urbanas ou das mudas destinadas à arborização, se dá por meio de processos relativamente subjetivos e genéricos, que envolvem a mensuração das estruturas vegetativas observadas a partir da percepção visual externa do elemento arbóreo (ROSSETTI et al., 2010; RESENDE, 2011).

De acordo com Matheny e Clark (2009), apesar desse tipo de avaliação ser mais prática e poder indicar a presença de anomalias no desenvolvimento interno das árvores, é importante buscar outras formas de avaliação mais específicas e representativas, que possam estar mais diretamente envolvidas com a real condição metabólica e fisiológica dos elementos arbóreos, de forma a reduzir o grau de subjetividade atualmente envolvido nas análises (ĎURÁNOVÁ; PAGANOVA, 2014; KOTHENCZ et al., 2015).

Um dos parâmetros mais importantes na avaliação das árvores urbanas, mas que também apresenta certo grau de subjetividade é a análise do vigor das árvores. A avaliação do vigor apresenta-se como uma boa alternativa para medir o desempenho de uma planta, pois é capaz de indicar, entre outros parâmetros, a condição de sanidade, de crescimento e de desenvolvimento do indivíduo, cujas características dependem, além das condições individuais das árvores, da relação das mesmas com o ambiente na qual elas estão se desenvolvendo (BIONDI; REISSMANN, 1997; HARRIS et al., 1999; TROXEL et al., 2013; VELOSO, 2016).

A busca por diferentes alternativas para caracterizar o vigor das árvores urbanas é imprescindível para a proposição de ações de manejo que visem a elevação e manutenção das condições de desenvolvimento dos indivíduos arbóreos nas cidades, principalmente pelo fato de que a maioria das árvores nas ruas das cidades são caracterizadas por possuírem saúde prejudicada, ocasionada em grande medida pelas condições ambientais a elas expostas, principalmente relacionadas ao déficit nutricional do solo urbano, que levam, em muitos casos, a uma morte precoce da vegetação urbana (DMUCHOWSKI et al., 2011).

Por envolver subjetividade em sua análise, o conhecimento prévio sobre as características da espécie em estudo, além da experiência do avaliador na análise do vigor das árvores é importante para que a avaliação apresente resultados satisfatórios, pois as espécies tendem a apresentar comportamentos diferentes quando plantadas em áreas urbanas em relação ao seu ambiente natural. Essa condição é uma resposta natural da árvore à mudança de ambiente, que acaba por envolver, muitas vezes, condições de estresse para a árvore (BIONDI, 1995; NOWAK et al., 2013; BRANDT et al., 2016).

O vigor das árvores urbanas pode ser comprometido por vários fatores inerentes ao ambiente, destacando-se a estratificação e compactação do solo com entulhos de construção, a infestação por pragas e doenças, a irradiação solar que aumenta a temperatura do ar, a intensidade de luz, a extensão do período de exposição à luminosidade devido a ocorrência da iluminação pública à noite, a escassez ou excesso do suprimento de água, a insuficiência de nutrientes, a poluição do ar, além de acidentes, vandalismos e negligência (HARRIS et al., 1999; WATSON; HEWITT, 2012).

De acordo com Nowak et al. (2006), a avaliação completa das condições de vigor deve caracterizar, além da saúde funcional das árvores, a condição estrutural geral e a classificação dos fatores de risco nela presentes, pois desta maneira é possível avaliar conjuntamente o vigor, a saúde e os danos às árvores, visando conhecer os sinais e sintomas básicos decorrentes do ataque de pragas e doenças, uma vez que árvores de baixo vigor são mais propícias à ocorrência de infecções patogênicas pela redução da sua resistência às condições adversas do ambiente hostil das cidades.

Souza et al. (2011), ao avaliar a condição das árvores empregadas na arborização da cidade de Ourinhos, São Paulo, constatou que a variável vigor de copa foi capaz de expressar significativamente o desenvolvimento da arborização. Cadorin e Mello (2011) avaliaram o vigor das árvores componentes da arborização urbana da cidade de Pato Branco-PR por meio de parâmetros quantitativos e concluíram que existe uma relação direta entre a elevada densidade demográfica, a maior quantidade de solo impermeabilizado e uma redução significativa no vigor apresentado pelas árvores. Da mesma forma, Watson e Hewitt (2012) verificaram que existe uma relação diretamente proporcional entre o vigor das árvores urbanas e a profundidade das suas raízes estruturais.

3.5.1 Vigor vegetativo

A análise do vigor vegetativo permite indicar a condição de desenvolvimento das estruturas vegetativas das árvores, como folhas, ramos, tronco e copa. A análise dessas estruturas externas dos elementos arbóreos é importante pois pode servir como ferramenta para o entendimento da condição de desenvolvimento interno do vegetal (HARRIS et al., 1999).

A folha é a parte mais acessível da árvore e a que melhor permite identificar os sintomas de uma condição anormal de desenvolvimento, apontando diretamente a condição de vigor do vegetal por meio da análise de características importantes como a coloração e a área foliar, que variam de acordo com a espécie e as condições ambientais expostas às árvores (PETROVA et al., 2014).

A avaliação do crescimento anual do ramo fornece informações sobre o padrão de crescimento dos nós, internós e gemas, enquanto a avaliação da copa permite conhecer a densidade, coloração e área foliar, e as condições do tronco podem ser determinadas com a análise da textura e brilho da casca (HODGE; BOSWELL, 1993; BIONDI, 1995; BIONDI; REISSMANN, 1997). De acordo com Hodge e Boswell (1993), o comprimento do ramo da estação de crescimento representa o aumento de comprimento do ramo ocorrido na atual estação de crescimento e está diretamente relacionado ao vigor atual da árvore.

Sendo assim, galhos com poucas folhas e troncos com ocorrência de furos podem indicar baixo vigor, da mesma forma que a aparência e comprimento dos ramos ou galhos no tronco principal podem indicar uma súbita mudança de condições ambientais, injúria estrutural, doenças ou podas excessivas e/ou incorretas. Desse ponto de vista, pode-se dizer que a redução do vigor e da saúde das árvores se resume à sua interação com os vários elementos do ambiente urbano (HARRIS et al., 1999; DMUCHOWSKI et al., 2011).

Além de expressar a condição de vigor, a avaliação do crescimento dos ramos e da copa permite indicar uma série de atributos relacionados à sanidade das árvores, como por exemplo, a qualidade da madeira (HÉBERT et al., 2016).

Outra forma de caracterizar o vigor vegetativo é mensurar o Índice de Cor Verde-Escuro das folhas da espécie em objeto de estudo. De acordo com Lima et al. (2012), a determinação do ICVE das folhas por meio do processamento de imagens digitais, apesar de mais trabalhosa, muitas vezes é mais eficiente do que com a utilização de equipamentos

sofisticados e específicos para esse fim, pois, enquanto o processamento manual permite a avaliação de toda a área da folha, a maioria dos equipamentos realiza essa análise em uma área menor da folha.

De acordo com Costa (2013), outra forma de avaliar o vigor das árvores é mensurar variáveis que denotam a redução da sua condição de desenvolvimento, como a quantidade de ramos secos, quantidade e severidade de cloroses, nível de crestamento das folhas, presença de injúrias estruturais, doenças e aplicação de podas excessivas.

Segundo Rodrigues et al. (2011), a análise do vigor vegetativo pode ser empregada em uma vasta área do conhecimento científico, sendo considerada um importante parâmetro de avaliação em trabalhos na área de propagação vegetativa e na quantificação de doenças em diferentes espécies florestais e agrícolas, por considerar as condições das estruturas aéreas das plantas. Esses mesmos autores fizeram uso de uma escala descritiva com notas crescentes de 0 a 10 visando facilitar a coleta e análise de dados ao quantificar o vigor vegetativo de plantas de café atacadas por ferrugem, onde as maiores notas foram relacionadas às plantas com maior vigor vegetativo, chegando à conclusão de que o vigor vegetativo limitou a produtividade das plantas de café.

Dentro desse contexto, Biondi e Reissmann (1997) analisaram o vigor de *Acer negundo* e *Handroanthus chrysotrichus* plantados na cidade de Curitiba, e concluíram que as variáveis diâmetro de copa e perímetro à altura do peito foram capazes de determinar satisfatoriamente o vigor vegetativo das duas espécies, respectivamente.

3.5.2 Vigor fisiológico

A expressão do vigor fisiológico das plantas está diretamente relacionada com o processo de fotossíntese realizado pelos organismos vegetais. Esse processo depende da eficiência em converter a energia radiante em energia metabólica, cujo bom ajuste do aparelho fotossintético da planta permite a absorção de luz em condições adequadas para induzir o processo de fotossíntese e assim influenciar diretamente as condições de vigor fisiológico dos elementos arbóreos (TAIZ; ZEIGER; 2004; LIMA; 2011).

Em outras palavras, como a eficiência do processo fotossintético depende da absorção da radiação solar e a clorofila é a principal substância responsável pela absorção dessa

radiação, a quantificação dos teores desse pigmento é importante para a determinação do vigor fisiológico das árvores (LOPES; LIMA, 2015; NYAMSI et al., 2015).

A adaptabilidade das plantas à quantidade de radiação disponível está associada à quantidade de clorofilas e nitrogênio foliar, sendo que a luz é um dos fatores associados ao metabolismo clorofiliano da planta. Clorofilas são moléculas verdes constituintes dos processos de síntese, degradação, foto-oxidação e absorção ocorridos durante a fotossíntese. O teor de clorofila pode ser estimado utilizando o medidor de clorofila, que calcula a intensidade da cor verde das folhas com base na leitura da quantidade de luz transmitida pelas folhas em dois comprimentos de onda, geralmente 648 e 665 nm (KRAMER; KOZLOWSKI, 1960; LOPES; LIMA, 2015; ARANTES et al., 2016).

De acordo com Santos (2008), as clorofilas são os pigmentos naturais presentes em maior abundância nas plantas, principalmente nos cloroplastos das folhas, também chamados de pigmentos fotossintéticos, que são responsáveis pela absorção da radiação e transformação em energia na forma de ATP e NADPH. A clorofila *a* está presente em maior quantidade no conteúdo celular das árvores e é responsável por realizar a etapa fotoquímica da fotossíntese, enquanto os demais pigmentos, denominados de acessórios, assim como a clorofila *b*, auxiliam na absorção de luz e transferência de energia radiante para os centros de reação (LARCHER, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2004).

É importante estimar as concentrações de clorofila *a* e *b* nas folhas para conhecer a razão clorofila *a/b*, que indica o desempenho fotossintético das plantas. No entanto, na maioria das plantas a média de concentração da clorofila *a* é de duas a três vezes maior do que a concentração de clorofila *b* (KRAMER; KOZLOWSKI, 1960; KITAJIMA; HOGAN, 2003).

Os métodos empregados para a quantificação do teor de clorofila baseiam-se na absorvância e reflectância dos pigmentos presentes nas folhas, podendo ser de caráter destrutivo ou não. Um dos métodos mais difundidos para a quantificação de clorofilas e carotenoides consiste em macerar e centrifugar o material vegetal, extrair os pigmentos clorofilianos com o uso de acetona a 80% como solvente e quantificar a concentração desses pigmentos por meio da leitura em um espectrofotômetro (ALLAIN, 2007).

Outro método utilizado para a extração de pigmentos faz uso do solvente orgânico dimetilsulfóxido (DMSO), no qual o material foliar é imerso em um volume conhecido de solvente, sem a realização das etapas de maceração e centrifugação. O DMSO possui elevada

capacidade de difusão por meio de membranas semipermeáveis, além de ser um eficaz carreador de elétrons. Esse solvente tem a vantagem de proporcionar maior estabilidade dos extratos após estocagem a frio, no entanto, a quantidade do material vegetal a ser usado e o tempo de incubação devem ser ajustados conforme a espécie analisada para que ocorra a extração e conservação máxima dos pigmentos foliares (SANTOS, 2008).

Os teores de clorofila podem apresentar variações devido à vários fatores, como apontam alguns trabalhos. Silva (2015), estudando a variação sazonal dos teores de clorofila *a* e *b* em *Platanus x acerifolia*, observou que a quantidade desse pigmento variou significativamente entre as estações do ano, entre os pontos cardeais e também entre os indivíduos, indicando que os teores de clorofila são responsivos aos mais variados fatores ambientais aos quais as árvores estão constantemente expostas.

Da mesma forma, Inoue (2010), avaliando o efeito da poeira de cimento sob os teores de clorofila de seis espécies arbóreas, concluiu que a quantidade desse pigmento nas folhas é maior nos meses mais frios e nas árvores sob influência de particulados, devido à diminuição da radiação penetrante nas folhas expostas à essas condições.

3.5.3 Vigor de florescimento

O vigor de florescimento das árvores pode ser conhecido com a mensuração da intensidade e o tamanho das inflorescências formadas em cada indivíduo arbóreo, como forma de conhecer a capacidade de um deles em expressar o potencial de efeito estético ocorrido no período de floração das espécies (EREL et al., 2008).

Cada inflorescência é caracterizada por um conjunto de flores, também denominado de panícula, que foram os objetos de estudo para a caracterização da intensidade de floração da espécie. Em *L. indica*, as panículas possuem em média de 15 a 45 cm de comprimento e se desenvolvem nos ramos novos de crescimento, onde cada um deles é composto por centenas de flores com 2 a 5 cm de comprimento (MOORE; WILSON, 2003).

Conforme Silva (2008), dentre todas as categorias de benefícios que as árvores urbanas proporcionam, o benefício estético foi o principal fator que, historicamente, influenciou a implantação da arborização nas cidades, devido ao embelezamento promovido aos mais diversos espaços urbanos.

As árvores urbanas são estruturas dinâmicas que aguçam a percepção das pessoas, tendo a capacidade de incitar alegria ou repulsa por parte da população. Diante dos distintos efeitos psicológicos e emocionais proporcionados pela arborização dos centros urbanos, é fundamental a aplicação de diversas medidas técnicas que visem proporcionar a melhoria da qualidade de vida da população que vive nesse ambiente e a compatibilização do desenvolvimento urbano com a conservação ambiental (BOBROWSKI, 2011; BOBROWSKI; BIONDI, 2016).

É importante conhecer os fatores que afetam o processo de floração das árvores, como forma de potencializar o efeito estético. De acordo com Souza et al. (2016), o processo de indução floral em árvores perenes pode ser inibido ou estimulado conforme atuação conjunta ou independente dos hormônios giberilina e auxina, podendo ocorrer de forma natural ou induzida, por meio de aplicações regulares nas plantas.

Como a produção desses hormônios nas árvores depende da energia absorvida proveniente dos nutrientes, conseqüentemente, a nutrição mineral influencia diretamente o processo de floração das árvores. Esse efeito pode ocorrer com a aplicação de reguladores de crescimento, que podem não só interferir no processo de floração, mas também manipular o crescimento vegetativo das árvores (SOUZA et al., 2016).

Diante da necessidade de avaliar cientificamente a floração das árvores, Erel et al. (2008) utilizaram duas metodologias distintas para quantificar a intensidade de floração em *Olea europaea*. A primeira consistiu em avaliar visualmente a intensidade de floração e estabelecer empiricamente um valor em percentagem proporcional ao potencial de floração observado, enquanto a segunda metodologia consistiu apenas na contagem do número de inflorescências da espécie e posterior comparação com os demais indivíduos da população. Entre as duas metodologias, percebe-se a tentativa dos autores em reduzir a subjetividade e a superficialidade das avaliações por meio da mensuração da inflorescência em termos de comprimento e largura.

Como principal atributo do efeito estético, a floração das árvores tem relação direta com a absorção de fósforo, pois para Passos e Trani (2013) a adubação fosfatada favorece a expressão da floração das espécies. Por conta disso, é essencial a realização de estudos que busquem padronizar a quantidade de adubação a ser aplicada, de forma a elevar a expressão da floração e de todos os demais aspectos de desenvolvimento das árvores.

De acordo com Nachtigall et al. (2004), Erel et al. (2008) e Cernuzak et al. (2010), a adubação fosfatada desempenha papel importante na indução da floração em diversas espécies lenhosas como a macieira, a oliveira e algumas árvores de clima tropical, como a teca e o cedro português.

Apesar da sua comprovada contribuição no processo de floração das árvores, poucos estudos na área florestal vêm sendo realizados visando avaliar esse efeito. No entanto, estudos na área de espécies ornamentais foram capazes de comprovar a relação existente entre o aspecto nutricional e a expressão das características estéticas nos elementos vegetais. (HASHEMABADI et al., 2012). Analisando a influência do bio-fertilizante à base de fosfato sobre a qualidade de *Tagetes erecta*, esses mesmos autores constataram que houve uma melhora significativa sobre altura, número de folhas e diâmetro das flores da espécie avaliada.

Neilsen et al. (1990), em um dos poucos trabalhos que avaliaram o efeito da fertilização de fósforo sobre elementos de porte arbóreo, constataram que a aplicação desse nutriente na forma líquida, na solução do solo, ou sólida, nas covas de plantio, elevou significativamente o florescimento e frutificação da macieira no ano posterior à aplicação.

3.6 *Lagerstroemia indica* L.

A espécie *Lagerstroemia indica* L., conhecida popularmente como resedá ou extremosa, pertence à família Lythraceae e é nativa do oriente médio. Pode ser considerada uma árvore de pequeno porte, com copa globosa e diâmetro médio de 3,0 m, altura geralmente menor do que 6,0 m. O tronco é liso, de cor cinza-prateado a rosado e casca lisa de cor cinzenta e lascada, folhas decíduas, arredondadas, flores agrupadas em panículas nas extremidades dos frutos. A espécie apresenta crescimento entre médio a rápido, possuindo elevada velocidade de crescimento no meio urbano. Sua floração ocorre de outubro a março, seguida por frutificação em maio, com coleta de suas sementes entre junho e agosto. Suas folhas apresentam mudança da coloração ao longo do ano, cuja coloração é verde escura durante a primavera e verão, e se tornam vermelhas ou amarelas no outono, enquanto no inverno caem completamente (LORENZI et al., 2003; BIONDI; ALTHAUS, 2005).

De modo geral, a espécie apresenta dois problemas em maior escala. O primeiro deles, de caráter fitossanitário, é a infestação por erva-de-passarinho, uma planta hemiparasita pertencente às famílias Visgaceae ou Laranthaceae, de ocorrência comum e intensa nos

centros urbanos. A elevada infestação se justifica pela disseminação que ocorre por meio de pássaros que se alimentam das sementes e as eliminam nas regurgitações ou excreções sobre as plantas hospedeiras, nas quais se fixam por possuírem uma camada de substância mucilaginosa. O controle desse parasita pode ser realizado por meio da retirada manual dos seus ramos, com a poda de limpeza, sendo que em geral não apresenta grande prejuízo às plantas se diagnosticadas cedo, porém, indivíduos altamente atacados muitas vezes não resistem e acabam morrendo (LEAL et al., 2006; MARTINS et al., 2010).

O controle não só da erva-de-passarinho, mas de qualquer outra praga ou doença é importante para promover maior longevidade das árvores e potencializar os benefícios estéticos e ambientais que a espécie pode proporcionar.

O segundo problema está relacionado com as práticas de manejo adotadas. De acordo com Knox e Gilman (2015), apesar da *L. indica* ser considerada uma espécie que necessita de baixa manutenção, com pouca ou nenhuma atividade de poda, devido, entre outros motivos, ao seu porte reduzido, as árvores sofrem com a constante realização de podas drásticas, que consistem em retirar totalmente o volume de massa verde, e, em alguns casos até os ramos da copa. Esta prática é negativa, não só do ponto de vista estético, mas também por afetar a saúde e a integridade das estruturas vegetativas da árvore. Os mesmos autores recomendam a poda de redução, visando manter anualmente a altura das árvores, sem provocar danos nas suas estruturas fisiológicas.

Mendonça e Medeiros (2011) ainda recomendam, quando necessário, realizar a poda de limpeza visando retirar os ramos ladrões que podem conferir um aspecto mais arbustivo à espécie.

O alto valor ornamental da espécie é justificado em grande medida pelos benefícios estéticos proporcionados pela beleza e intensidade de sua floração, de coloração roxa, rosa, vermelha ou branca, o que explica sua utilização em larga escala na arborização de parques, jardins e ruas principalmente nas cidades da região sul do Brasil, devido à tolerância da espécie a invernos mais rigorosos. (LORENZI et al., 2003).

Além do aspecto estético e da resistência ao frio, outras características importantes da espécie justificam sua frequente utilização na arborização das cidades. Entre elas está o fato da espécie ser compatível com o padrão do espaço urbano, por apresentar porte pequeno e dificilmente trazer danos ao pavimento, podendo crescer rapidamente e apresentar rusticidade satisfatória para a arborização urbana, apresentando-se como uma alternativa ideal para a

arborização de calçadas sob fiação de transmissão de energia. Desta maneira, *L. indica* se destaca por, ao mesmo tempo, proporcionar os benefícios almejados da arborização de ruas com a redução de problemas, prejuízos e conflitos com as estruturas urbanas (BIONDI; ALTHAUS, 2005; BOBROWSKI, 2011).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e descrição das áreas de estudo

Esta pesquisa foi realizada em diferentes tipologias da Floresta Urbana da cidade de Irati, a qual está localizada na mesorregião centro-sul do Estado do Paraná, entre as coordenadas 25° 27' 56" de latitude Sul e 50° 37' 51" de longitude Oeste. O município situa-se a 156 Km da capital Curitiba e está inserido na zona fisiográfica de Irati, na sub-região dos pinhais no Segundo Planalto e apresenta altitude mínima de aproximadamente 812 metros. O ecossistema ou região fitogeográfica onde o município está inserido é o da Floresta Ombrófila Mista, a qual compõe o Bioma Mata Atlântica (PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE IRATI, 2010; SCHALLENBERGER et al., 2010).

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Cfb - Subtropical Úmido Mesotérmico. Apresenta verões frescos com temperaturas médias de 27,5° C, invernos com ocorrência de geadas severas e frequentes, e temperaturas médias de 8,3° C, sem estação seca definida, sendo que a temperatura média anual é de 17,5°C. A média mensal de precipitação pluviométrica é de 193,97 mm e a anual chega a 1.582 mm, com umidade relativa do ar mensal média de 80,3%. (BRANCO et al., 2008; SCHALLENBERGER et al., 2010). O tipo de solo predominante é o ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico, com ocorrência de Cambissolos, Latossolos, Neossolos e Nitossolos (VALÉRIO et al., 2008; IAPAR, 2017).

Para esta pesquisa foram selecionadas árvores distribuídas em seis locais distintos, os quais representam três tipologias da floresta urbana: uma praça, um parque e quatro canteiros da arborização de calçadas. Na praça foram avaliadas 15 árvores e nas demais tipologias foram avaliadas cinco árvores em cada unidade amostral, selecionados dentre o número total de indivíduos existentes, cujas localizações estão indicadas na Figura 1. As árvores selecionadas para a avaliação pertencem à espécie *Lagerstroemia indica* L. (extremosa), a qual, segundo Mayer (2012), representa a maior proporção de indivíduos arbóreos no centro da cidade de Irati. No total, 40 árvores foram objeto de estudo durante a realização desta pesquisa.

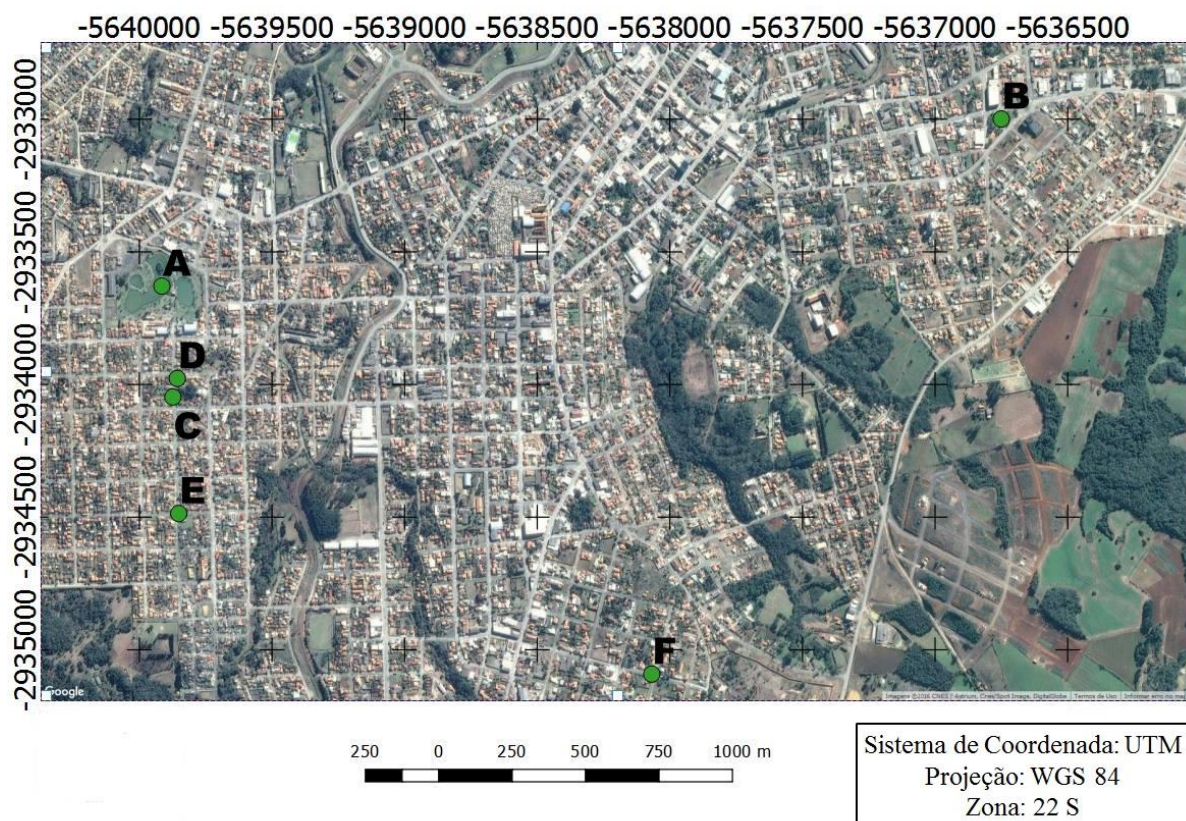


Figura 1. Localização das unidades amostrais da pesquisa na cidade de Irati-PR. A: Parque Aquático; B: Praça Edgard Andrade Gomes; C, D, E e F: Canteiros da arborização de calçadas.

De acordo com Schallenberger et al. (2010), o Parque Aquático de Exposição Agro-Industrial Santa Terezinha (Unidade Amostral A) é uma área verde urbana da cidade de Irati localizada entre as coordenadas $25^{\circ}28'13''S$ e $50^{\circ}39'51''O$, no bairro Rio Bonito (Figura 2A). Antes de ser adquirido pela administração do município, para a construção do parque, o terreno era apenas um banhado da antiga Olaria Santa Terezinha que funcionava no local. A área foi transformada em parque em 1988, passando a ser denominado Parque Aquático e de Exposição Santa Terezinha e possui área total de $79.000,00\text{ m}^2$ (PARTEKA, 2016). Dentre as árvores existentes se destacam aquelas das espécies *Platanus x acerifolia* (Ainton) Willd. (plátano), *Syagrus romanzoffiana* Cham. (jerivá), *Salix babylonica* L. (chorão), além de *Lagerstroemia indica* L. (extremosa), cujo exemplar se encontra na Figura 2B (SCHALLENBERGER et al., 2010, PARTEKA, 2016).

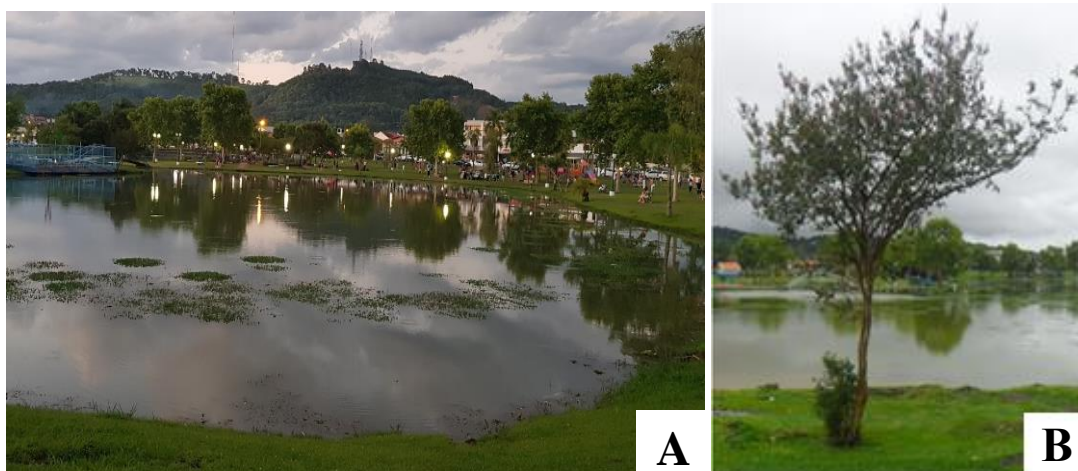


Figura 2. Imagem da área da Unidade Amostral A (A) e imagem de uma das árvores de *L. indica* (B) objeto de avaliação da pesquisa.

A Praça Edgard Andrade Gomes (Unidade Amostral B) está localizada na região central da cidade, próxima ao portal de entrada (Figura 3A) e entre as coordenadas 25°26'55"S e 50°38'10"O (SCHALLENBERGER et al., 2010). De acordo com Ferronato (2009), a área da praça conta com um parque infantil, área para descanso, iluminação, sanitários, quadra poliesportiva, pista de *skate* e *rollers*. Além de *L. indica*, cujo exemplar se encontra na Figura 3B, destacam-se nesta área verde a presença das espécies *Ligustrum lucidum* W. T. Aiton. (alfeneiro), *Juniperus chinensis* L. (cedrinho) e *Syagrus romanzoffiana* Cham. (jerivá) (SCHALLENBERGER et al., 2010). O terreno é plano e os canteiros estão recobertos com grama são-carlos e algumas herbáceas que compõem o tratamento paisagístico dado ao local.



Figura 3. Imagem área da Unidade Amostral B (A) e imagem de uma das árvores de *L. indica* (B) objeto de avaliação da pesquisa.

As unidades amostrais C, D, E e F contemplam a arborização de calçadas da cidade, com árvores localizadas sobre canteiros permeáveis recobertos com grama são-carlos, em calçadas com dimensões variáveis (Figura 4). As unidades amostrais C e D possuem canteiros de 4,0 m de largura e 15,0 m de comprimento e estão localizadas uma em frente a outra, no Bairro Rio Bonito, no cruzamento das ruas Domingos da Luz e João Wasilevski, entre as coordenadas 25°28'23" S e 50°39'50" O. A unidade amostral E, cujo canteiro possui dimensões de 4,0 m de largura e 13,0 m de comprimento, está localizada no cruzamento das ruas Domingos da Luz e João Grechinski, entre as coordenadas 25°28'39" S e 50°39'49" O. A unidade amostral F possui canteiro medindo 4,0 m de largura e 16,0 m de comprimento e está localizada no bairro São Francisco, próxima à Igreja São Francisco, no cruzamento das ruas Daniel Moreira e Irmã Helena Olek, entre as coordenadas 25°28'57" S e 50°38'51" O.

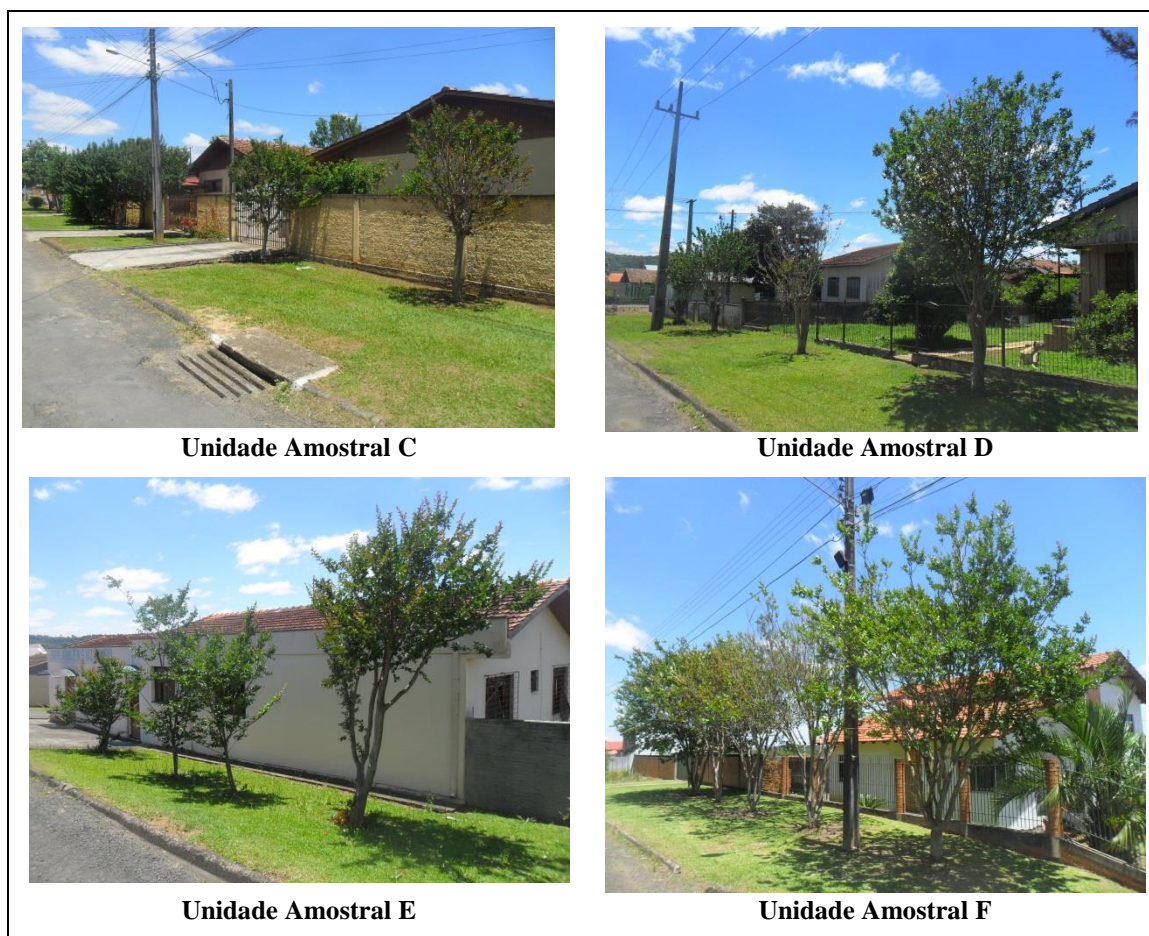


Figura 4. Características gerais das unidades amostrais C, D, E e F localizadas sobre canteiros da arborização de ruas.

4.2 Procedimento metodológico de pesquisa

As características de vigor em *L. indica* foram avaliadas previamente e posteriormente à aplicação de tratamentos de fertilização do solo, em dois experimentos distintos:

- Experimento 1: árvores na arborização de calçadas e no parque municipal;
- Experimento 2: árvores no tratamento paisagístico da praça.

Antes da aplicação dos tratamentos, em cada unidade amostral foi realizada coleta e análise do solo para determinação das características físicas e químicas das amostras. Por meio de tradagens até a profundidade de 20 cm, foram coletadas quatro amostras por árvore, cada qual correspondente a um dos quatro raios de projeção da copa, no meio da linha de

projeção, conforme esquema apresentado na Figura 5. Em seguida, todo o material foi homogeneizado e transformado em uma única amostra composta representativa de cada unidade amostral, que posteriormente foi analisada conforme metodologia descrita pela Embrapa (1997) e rotina do Laboratório Terra de Florestas da Universidade Estadual do Centro-Oeste, para caracterização física e química dos solos amostrados.

No total foram realizadas oito análises representativas da condição de solo das 40 árvores avaliadas no presente estudo. Na unidade amostral B, onde foram aplicados os tratamentos referentes ao experimento 2, foram realizadas 3 análises representativas das 15 árvores avaliadas nesta unidade amostral, de modo que cada uma representou a condição de solo das cinco árvores mais próximas entre si. Dessa maneira, cada análise de solo foi representativa de cinco árvores de *L. indica*.

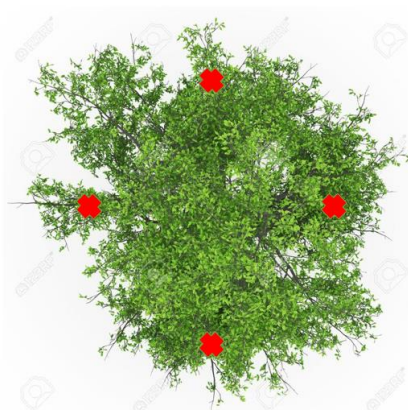


Figura 5. Representação esquemática da amostragem de solo sob a projeção de copa das árvores de *L. indica*, em todas as unidades.

De posse da análise de solo (Anexo 1) foi possível determinar a necessidade de calagem e a quantidade de calcário a aplicar sobre a projeção de copa das árvores. Adotando-se a recomendação de Oleynik et al. (2004), para plantas ornamentais, elevou-se à 60% o valor de saturação por bases do solo (V%), por meio de calcário dolomítico de granulometria fina da marca *Paranafiller*[®]. Isto foi realizado de forma distinta para cada unidade amostral, adaptando-se os resultados da unidade hectare para metro quadrado de projeção de copa (m² PC), cujos cálculos correspondentes se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Descrição da necessidade de calagem (NC) e respectiva quantidade de calcário aplicado (QC), em conjunto com os teores dos principais elementos quantificados na análise de solo, em cada unidade amostral.

UNIDADE AMOSTRAL	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺ + Al ³⁺	APC	V	NC	QC
	cmolc/dm ³				m ²	%	g/m ² PC	Kg/árvore
A	0,26	4,88	1,96	6,69	6,79	51,49	143,17	1,08
B1	0,16	2,70	1,62	7,93	10,75	36,10	361,71	4,31
B2	0,16	2,69	1,57	8,48	11,34	34,26	404,88	5,09
B3	0,22	3,72	1,94	8,30	9,84	41,47	320,49	3,50
C	0,67	6,84	2,59	4,15	7,94	70,88	X	X
D	0,46	4,71	2,88	8,61	8,87	48,32	237,32	2,33
E	0,42	4,91	3,82	7,64	7,07	54,50	112,86	0,88
F	0,42	3,9	2,91	7,7	8,66	48,43	210,73	2,02

Legenda: APC – Área de Projeção de Copa; V (%) – Saturação por bases do solo; X – Indica que não há necessidade de calagem para esta unidade amostral.

Este procedimento de aplicação do calcário foi finalizado 60 dias antes da aplicação dos tratamentos de adubação. Quando necessária, a aplicação foi dividida em duas etapas, em virtude da alta quantidade de calcário necessária por unidade de solo, sendo que, neste caso, a primeira aplicação do corretivo foi realizada 120 dias antes da implantação dos tratamentos.

As equações utilizadas para determinar a necessidade de calagem e a quantidade de calcário, desenvolvidas por Silva et al. (2011), foram adaptadas para expressar o resultado em g/m² e estão indicadas a seguir:

$$NC (g/m^2 de PC) = \left(\frac{(V\% final - V\% inicial) * CTC * p}{100} \right) * 100$$

Onde: NC: necessidade de calagem;

PC: projeção de copa;

V%: saturação por bases do solo;

CTC: capacidade de troca catiônica do solo;

p: fator profundidade de aplicação, 1,0.

$$QC(Kg/árvore) = (NC * \left(\frac{SC}{100}\right) * \left(\frac{EC}{20}\right) * \left(\frac{100}{PRNT}\right) * APC$$

Onde: QC: quantidade de calcário;

NC: necessidade de calagem (g/m² PC);

SC: superfície de cobertura da calagem = 100%

EC: espessura da camada a ser corrigida = 20 cm

PRNT: poder relativo de neutralização total do corretivo = 1,11 (100/PRNT)

APC: área de projeção de copa média (m²).

Quanto ao experimento de adubação no experimento 1, foram avaliadas cinco árvores por unidade amostral (Unidades A, C, D, E e F), as quais receberam quatro diferentes formulações de NPK aplicadas no meio do inverno de 2017 (15 de julho), pois *L. indica* é uma espécie que floresce em ramos novos da estação de crescimento atual (HARRIS et al., 1999), ou seja, a primavera/verão seguinte à aplicação dos tratamentos. Em cada unidade amostral foram avaliados cinco tratamentos incluindo-se a testemunha, a qual não recebeu aplicação de adubação.

A correção e adubação foi feita segundo metodologia proposta por Harris et al. (1999), que consistiu em fazer 10 orifícios de 0,10 m de profundidade afastados de forma equidistante, a fim de distribuir uniformemente no solo a quantidade recomendada de fertilizante, na área correspondente à projeção de copa. Assim, utilizou-se uma barra de ferro para fazer os orifícios no último 1/3 do raio de copa das árvores, próximo ao limite da projeção, de acordo com a Figura 6. A quantidade de fertilizante total aplicada foi dividida entre o número total de furos realizados por árvore, isto é, por 10 partes. Quando parte das calçadas se localizavam sobre a área de projeção de copa, os orifícios apresentavam menor espaçamento entre eles, visando manter o número de orifícios constante entre todas as árvores.

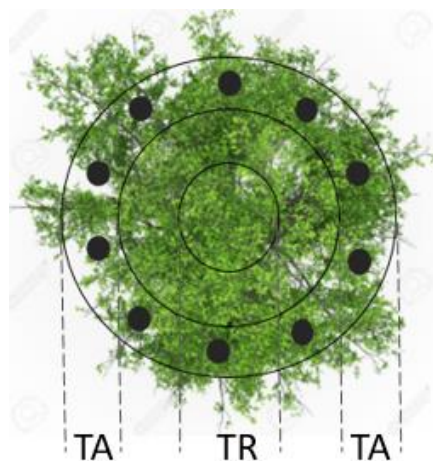


Figura 6. Representação esquemática da porção do solo em que foi realizada a correção e adubação, com os respectivos orifícios de aplicação.

Legenda: TR: tronco; TA: terço de aplicação.

Para a composição dos fertilizantes e respectivas dosagens foram utilizados os adubos simples: sulfato de amônio (20% de N e 24% de S) para suprir a necessidade de nitrogênio, superfosfato triplo (46% de P₂O₅) para suprir a necessidade de fósforo e cloreto de potássio (60% de K₂O) para complementar a necessidade de potássio no solo. A escolha destes adubos se deu pelo fato deles serem compatíveis entre as misturas realizadas (SILVA; LOPES, 2011).

Junto com a aplicação da quantidade de adubo correspondente a cada tratamento estudado, foi necessário realizar a correção dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio em algumas unidades amostrais, com o intuito de que todas elas apresentassem teores de nutrientes enquadrados na mesma classe de interpretação, conforme tabela descrita em Moreira et al. (2017). Assim, os teores de fósforo das unidades amostrais foram corrigidos de modo a serem interpretados como baixos, enquanto os teores de nitrogênio e potássio foram corrigidos para muito alto (Tabela 2).

Tabela 2. Classe de interpretação observada e ajustada com base nos teores de N, P e K do solo em cada unidade amostral.

UNIDADE AMOSTRAL	N disponível			P			K		
	Teor (g/dm ³)	CIO	CIA	Teor (mg/dm ³)	CIO	CIA	Teor (cmolc/dm ³)	CIO	CIA
A	0,0208	MA	MA	5,89	B	B	0,26	M	MA
C	0,0131	A	MA	4,73	B	B	0,67	MA	MA
D	0,0151	A	MA	2,95	MB	B	0,46	MA	MA
E	0,0157	A	MA	4,88	B	B	0,42	MA	MA
F	0,0131	A	MA	4,5	B	B	0,42	MA	MA

CIO: Classe de interpretação observada antes da correção dos teores de nutrientes;

CIA: Classe de interpretação ajustada com a correção dos teores de nutrientes;

MB: Muito Baixo; B: Baixo; M: Médio; A: Alto; MA: Muito Alto.

4.2.1. Experimento 1

As formulações das misturas de NPK compuseram cinco tratamentos aplicados no solo, na área de projeção da copa de árvores de *L. indica*. Cada árvore recebeu a aplicação de um tratamento dentro da sua respectiva unidade amostral, resultando assim em cinco repetições por tratamento, cada uma localizada em uma unidade amostral distinta. A partir da

análise do solo foram aplicados os tratamentos descritos abaixo, considerando-se a inexistência de tabela de recomendação de adubação para a espécie e as sugestões gerais para interpretação da análise do solo, conforme Moreira et al. (2017):

Tratamento 1: testemunha, sem adição de fertilizantes;

Tratamento 2: elevação dos teores de fósforo de baixo para muito alto, conforme tabela de interpretação;

Tratamento 3: elevação em 100% dos teores de fósforo em relação à quantidade presente do elemento quando este foi elevado para muito alto (tratamento 2);

Tratamento 4: elevação em 100% dos teores de nitrogênio em relação à testemunha, mantendo-se os teores corrigidos de fósforo e potássio;

Tratamento 5: elevação em 100% dos teores de potássio em relação à testemunha, mantendo-se os teores corrigidos de nitrogênio e fósforo.

Os procedimentos de avaliação do vigor descritos a seguir (vigor vegetativo, vigor fisiológico e vigor de florescimento) foram efetuados antes e depois da aplicação dos tratamentos com fertilizantes. A primeira avaliação foi realizada na estação de crescimento de 2016 (entre novembro e janeiro) e a segunda avaliação foi na estação de crescimento de 2017, no mesmo período.

Os dados de ambas as avaliações referentes ao experimento 1 foram comparados por meio do teste não paramétrico de Wilcoxon pareado. A aplicação desse teste permitiu verificar se houve ou não influência significativa da adubação sobre as características de vigor das árvores avaliadas antes e depois da aplicação dos elementos no solo, ao nível de 5% de probabilidade.

Com o objetivo de verificar o efeito de cada tratamento sobre as características de vigor das árvores, bem como a existência de diferenças significativas entre as unidades amostrais estudadas, também se utilizou para este experimento um delineamento em blocos ao acaso (DBC) considerando-se as unidades amostrais estudadas como blocos, aplicando-se o teste não paramétrico de Friedman e quando este demonstrou heterogeneidade entre as médias, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

4.2.2. Experimento 2

Quanto ao experimento 2, para testar a resposta do vigor do florescimento a cinco teores distintos de adubação fosfatada, foram avaliados 15 indivíduos de *L. indica* presentes na Unidade Amostral B (Praça Dona Noca), adotando-se para isso um delineamento inteiramente casualizado, por considerar o local como uma unidade amostral homogênea em relação a variáveis microclimáticas e edáficas.

Para as dosagens aplicadas neste experimento adotou-se como base o teor de fósforo encontrado no solo, para avaliar o efeito de cinco tratamentos, com três repetições cada, da seguinte forma:

Tratamento 1: testemunha, sem adição de adubação fosfatada;

Tratamento 2: elevação do teor de fósforo observado no solo em 50%;

Tratamento 3: elevação do teor de fósforo observado no solo em 100%;

Tratamento 4: elevação do teor de fósforo observado no solo em 150%;

Tratamento 5: elevação do teor de fósforo observado no solo em 200%.

O experimento implantado na Praça Edgard Andrade Gomes (Experimento 2) foi analisado considerando-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC). Realizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, aplicando-se um teste pos-hoc de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro quando constatada heterogeneidade entre as médias.

Todos estes procedimentos estatísticos foram efetuados no *software* R, versão 3.4.2, por meio dos pacotes estatísticos *agricolae* para o teste de Friedman e *PMCMR* para o teste de Kruskal-Wallis.

4.3 Avaliação das características de vigor

4.3.1 Vigor vegetativo

Para a análise dos parâmetros relacionados ao vigor vegetativo das árvores, foram coletados, ao acaso, cinco ramos presentes na porção central da copa de cada indivíduo, conforme sugerido por Biondi e Reissmann (1997), em cada eixo cardinal de projeção da copa, totalizando 20 ramos amostrados em cada indivíduo.

Dentre os parâmetros que podem ser utilizados para caracterizar o vigor vegetativo das árvores urbanas, foram mensurados o comprimento do ramo da estação de crescimento, a distância média entrenós, a área média das folhas e a coloração das folhas (HARRIS et al., 1999), sendo que esses dois primeiros parâmetros foram mensurados com o auxílio de uma régua.

O ramo da estação de crescimento corresponde à parte não lignificada do galho, que apresenta coloração mais clara, e se forma a partir da cicatriz que se desenvolve quando sessa o crescimento da estação anterior, conforma indicado na Figura 7.



Figura 7. Detalhe de um ramo de *L. indica*, com destaque para a cicatriz e ramo da estação atual de crescimento.

Para a determinação da coloração e área foliar, foi coletada uma folha por ramo amostrado, sendo avaliadas cinco folhas dispostas em cada eixo cardeal de projeção da copa ou 20 folhas por árvore. As folhas coletadas apresentaram crescimento completo e encontravam-se dispostas na porção central do ramo, conforme sugerido por Harris et al. (1999). As folhas coletadas foram digitalizadas em impressora HP Deskjet F4180 e as

imagens geradas foram analisadas com o auxílio do programa Multispec[®], para a classificação supervisionada e determinação da área foliar média.

A intensidade de verde das folhas foi determinada por meio do *software* ENVI[®], analisando-se as mesmas imagens digitalizadas. Esse programa computacional utiliza os parâmetros RGB das imagens para quantificar o valor médio das cores das folhas (ROCHA et al., 2013). Esses valores RGB foram convertidos para valores HSB (“Hue”- matiz, “Saturation” – saturação e “Brighthness” – brilho), conforme proposto por Karcher e Richardson (2003).

Com a obtenção dos valores HSB foi realizado o cálculo do Índice de Cor Verde Escuro (ICVE), por meio da equação apresentada a seguir, a qual pode ser utilizada para qualquer espécie arbórea ou arbustiva, resultando em valores que variam de 0 a 1 (KARCHER; RICHARDSON, 2003; ROCHA et al., 2013):

$$ICVE = [(((H - 60)/60) + (1 - S) + (1 - B))/3]$$

Onde: H (“hue”): matiz, em graus, que varia entre 60° (amarelo) e 120° (verde);

S (“saturation”): saturação, em decimal;

B (“brighthness”): brilho, em decimal.

4.3.2 Vigor fisiológico

Este parâmetro de vigor foi determinado por meio dos teores de clorofila *a* e *b* presentes em folhas amostradas. Para isso, foram coletados três ramos presentes na porção central da copa de cada árvore, os quais foram identificados e acondicionados em sacos plásticos e caixa de isopor com gelo, para posterior encaminhamento ao laboratório de Silvicultura Urbana. Na sequência, foi coletada uma folha de cada um dos ramos, estando a mesma disposta na porção central do ramo e apresentando pleno crescimento.

De cada árvore avaliada foram obtidas três folhas, de cada qual foi retirada uma amostra do limbo foliar, totalizando 120 amostras analisadas. Destas, 75 amostras oriundas das unidades amostrais A, C, D, E e F e as outras 45 amostras oriundas da unidade amostral B.

No laboratório, utilizando um extrator metálico foi extraída uma amostra do limbo foliar de tamanho de 7,85 mm² de cada folha. Posteriormente, cada amostra foi inserida em um tubo de ensaio com 5 mL do solvente dimetil sulfóxido (DMSO) e incubada em banho-maria, à temperatura de 65°C (Mokochinski, 2011) por 150 minutos, sendo este o tempo determinado nos testes preliminares realizados a fim de verificar a total extração dos pigmentos presentes nos tecidos foliares. De acordo com Inoue (2010), a extração dos pigmentos ocorre a partir da incubação dos tubos de ensaio em banho-maria a uma temperatura de 65°C por 120 minutos.

Após a extração dos pigmentos, realizou-se a determinação da absorvância das clorofilas utilizando o espectrofotômetro de chama Femto modelo 600, nos comprimentos de onda de 648 nm e 665 nm, conforme sugerido por Barnes et al. (1992).

Uma vez determinadas as absorvâncias, os teores de clorofila foram estimados por meio das equações apresentadas por Barnes et al. (1992), cujas concentrações de clorofila *a* e *b* nos pigmentos extraídos foram calculadas usando equações derivadas dos coeficientes de absorção específica de clorofilas *a* e *b* puras, em DMSO. As equações utilizadas nas estimativas foram:

$$C_a = 14,85 (A_{665}) - 5,14 (A_{648})$$

$$C_b = 25,48 (A_{648}) - 7,36 (A_{665})$$

Onde: C_a : Teor de clorofila *a* em mg.m⁻² de extrato;

C_b : Teor de clorofila *b* em mg.m⁻² de extrato;

A_{665} : Valor de absorvância no comprimento de onda 665 nm;

A_{648} : Valor de absorvância no comprimento de onda 648 nm.

Vale destacar que a mensuração de todas as variáveis levantadas no presente estudo ocorreu em folhas completamente maduras em um intervalo de tempo de exatamente um ano entre elas, visando padronizar os resultados e isolar o efeito da adubação nas variáveis aqui mensuradas.

4.3.3 Vigor de florescimento

O vigor de florescimento foi avaliado por meio da mensuração da intensidade de floração das árvores. O procedimento iniciou com a contagem do número de ramos com floração em todas as árvores, seguida da amostragem aleatória de 10% da quantidade total de inflorescências de cada indivíduo, para posterior mensuração do comprimento e da largura.

Com base nessa amostragem procedeu-se à determinação da intensidade amostral considerando-se a largura e o comprimento da inflorescência como a variável de interesse, a fim de verificar se a amostragem de 10% do número total de inflorescências foi suficiente para abranger toda a variabilidade existente para a característica em questão, atendendo ao nível de precisão desejado, também de 10%. Para isso, utilizou-se a equação proposta por Péllico Neto e Brena (1997) para populações finitas:

$$n = \frac{Nt^2(CV\%)^2}{N(LE\%)^2 + t^2(CV\%)^2}$$

Onde: n: Número de unidades amostradas;

N: Número total de unidades amostrais da população;

t: Probabilidade t de student (tabelado);

CV%: Coeficiente de variação em porcentagem;

LE%: Limite de erro de amostragem admitido, em porcentagem.

Assim, a análise da intensidade amostral realizada para a caracterização do vigor das árvores indicou que a representatividade dos dados seria atingida com a mensuração de oito panículas, tanto para a caracterização da largura quanto para o comprimento da floração.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Vigor Vegetativo

5.1.1 Experimento 1 – Arborização do parque e dos canteiros das calçadas

Entre os dados coletados antes e após a aplicação das formulações de adubo foi constatada diferença significativa (Figura 8) para o comprimento do ramo ($V= 14970$; p -valor $<2,2^{-16}$), distância média dos entrenós ($V= 34239$; p -valor $<2,2^{-16}$), área foliar ($V= 9,5$; p -valor $<2,2^{-16}$) e índice de cor verde escuro ($V= 160$; p -valor $<4,3^{-16}$). A utilização da estatística não paramétrica foi necessária, visto que os dados apresentaram distribuição não normal, mesmo após transformação.

A expressão de todas as variáveis foi superior na estação de crescimento após a aplicação dos adubos no solo. Essa diferença também pode ser verificada na Figura 9, que mostra a comparação das características dos ramos e folhas antes e depois do processo de adubação.

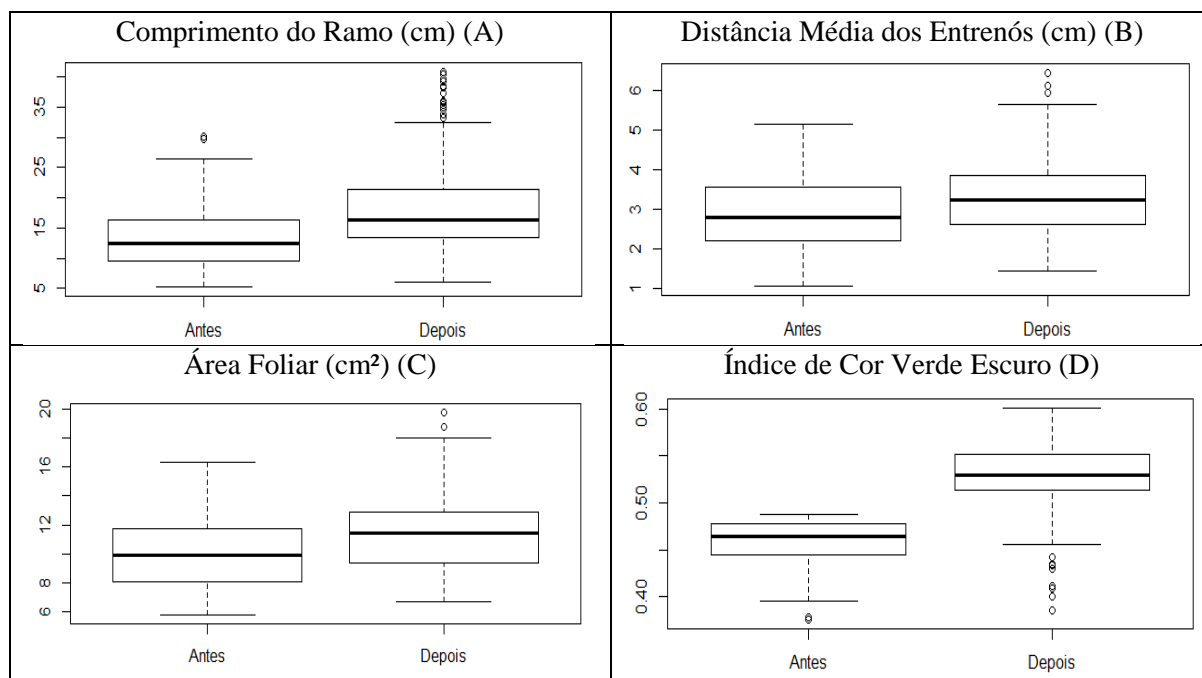


Figura 8. Distribuição comparativa das variáveis representativas do vigor vegetativo, mensuradas nas estações de crescimento de 2016 (antes da adubação) e 2017

(depois da adubação) em árvores de *L. indica* localizadas nas unidades amostrais A, C, D, E e F. (A): Comprimento do ramo da estação de crescimento; (B): Distância média dos entrenós; (C): Área foliar e (D): Índice de Cor Verde-Escuro das folhas.

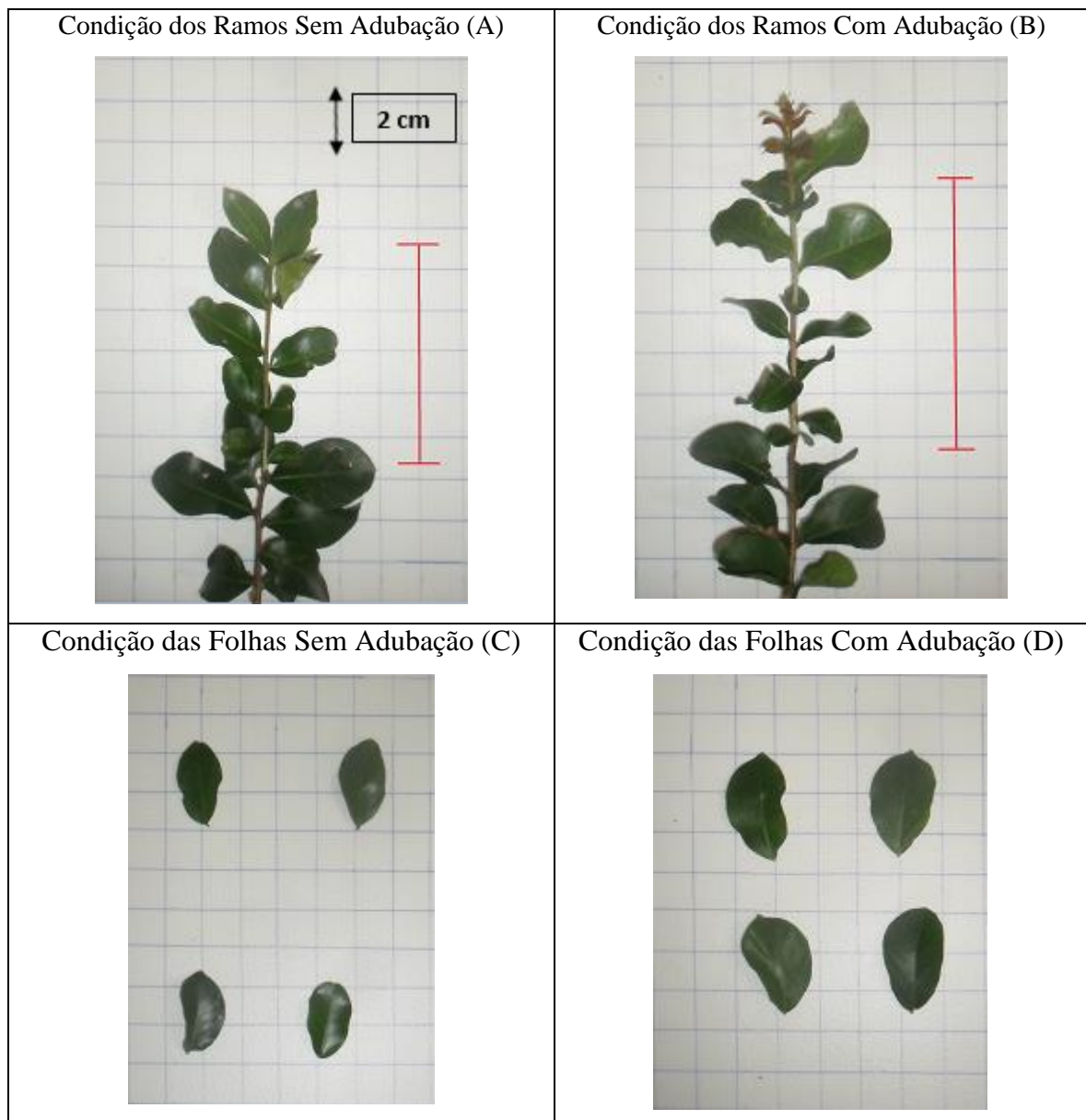


Figura 9. Imagem comparativa das características dos ramos e das folhas de *L. indica* entre indivíduos submetidos e não submetidos à adubação. (A): Condição dos

ramos sem adubação; (B): Condição dos ramos com adubação; (C): Condição das folhas sem adubação e (D): Condição das folhas sem Adubação.

Dessa forma, verificou-se que o processo de adubação influenciou positivamente a expressão de todas as variáveis relacionadas ao vigor vegetativo em *L. indica*, indicando que a disponibilidade de nutrientes é geralmente um fator limitante do crescimento das árvores urbanas.

Dentre as práticas de manejo, a adubação é uma alternativa essencial para elevar o vigor das árvores, principalmente em áreas urbanas, onde a maior quantidade de obstáculos dificulta o seu desenvolvimento (KIM et al., 2015; BRUNE, 2016). Para Biondi e Reissmann (2000), as práticas de manutenção e manejo adotadas no Brasil são muito ineficientes, principalmente quando se refere à fertilização, visto que o processo de adubação na maioria das situações é realizado somente no plantio das árvores na rua, de maneira generalizada, sem atender às exigências da espécie e à carência dos solos.

Uma das causas do efeito positivo da adubação sobre a expressão das características de vigor pode ser o fato de que em todas as unidades amostrais avaliadas ocorre a limpeza periódica dos canteiros da arborização de ruas e da praça, por parte dos moradores ou da prefeitura, que realizam assim a remoção constante da serapilheira (resíduos de grama e folhas), comprometendo a ciclagem de nutrientes no solo. Desta forma, a incorporação externa da adubação é umas das principais fontes de elementos minerais no solo, devido à exportação de nutrientes ocorrida nos locais estudados.

A decomposição da serapilheira e o acúmulo de resíduos foliares sob as árvores influenciam drasticamente a o teor de micronutrientes do solo, já que a camada de resíduos provenientes da decomposição pode imobilizar uma quantidade considerável de elementos essenciais potencialmente reaproveitáveis pelas árvores, levando-se a considerar que a remoção constante do lixo foliar representa um impacto significativo ao desenvolvimento das árvores urbanas (ENLOE et al., 2015; SUN; ZHAO, 2016).

Além disso, no ambiente urbano, a ciclagem de nutrientes tende a ocorrer mais rapidamente, devido à maior temperatura e a elevada taxa de deposição de nitrogênio e húmus presente nesse ambiente em comparação com as florestas rurais, fato este que pode indicar uma maior importância da ciclagem de nutrientes para as árvores urbanas (NIKULA et al. 2010).

A elevação do vigor vegetativo das árvores proporcionada pela adubação é capaz de ocasionar uma série de efeitos positivos que estão relacionados com a capacidade de elevar também a expressão dos benefícios das árvores no ambiente urbano. De acordo com Johnstone et al. (2013), a maximização desses benefícios deve ser vista como um incentivo à manutenção das árvores em condições saudáveis nas cidades.

De maneira geral, entre esses benefícios, destacam-se a redução da amplitude térmica, a elevação da interceptação pluviométrica e da qualidade do ar e intensificação da beleza da floração (NOWAK et al., 2006; SCHUCH, 2006; SILVA et al., 2010).

Ainda dentro desse contexto, de acordo com Nowak et al. (2006), árvores urbanas assumem um papel importante na absorção da poluição atmosférica e na redução da temperatura do ar nos centros urbanos, ajudando a melhorar a qualidade do ar e consequentemente a qualidade da saúde da população urbana, pois a expressão desses benefícios é diretamente proporcional a área de cobertura do dossel urbano, indicando que árvores mais saudáveis tendem a apresentarem copas mais densas e assim, a proporcionar maiores benefícios ao ambiente e à saúde humana (BOBROWSKI; BIONDI, 2012; HEUSINKVELT, 2016).

É possível compreender a importância da implantação e manutenção de árvores vigorosas no ambiente urbano, pois todo o processo obedece às reações de causa e efeito. Assim, práticas de manejo adequadas, como podas, adubações e outras tem como causa a elevação da expressão do vigor das árvores urbanas, permitindo que elas produzam como efeitos todos os benefícios ambientais já citados acima.

Para McPherson et al. (2018), é importante manter árvores vigorosas nas áreas urbanas no intuito de enfatizar a sua contribuição com a redução dos efeitos adversos das mudanças climáticas, uma vez que essa alteração ambiental pode causar modificações no solo, poluição do ar e escoamento de materiais contaminantes prejudiciais ao ambiente urbano.

Assim, um dos principais fatores que determinam a condição de vigor e adaptabilidade das árvores nas cidades é a sua resistência à mais variada gama de eventos climáticos potencialmente prejudiciais, o que reflete, consequentemente, na sua capacidade de suportar essas adversidades e prestar uma maior quantidade possível de serviços ecossistêmicos no ambiente urbano (MCPHERSON et al., 2018).

Ao considerar as unidades amostrais como blocos (A, C, D, E e F) constatou-se que não houve diferença significativa entre os locais, no entanto, os tratamentos aplicados nessas

unidades amostrais influenciaram significativamente três das quatro variáveis relacionadas ao vigor vegetativo (Tabela 3), com a utilização da estatística não paramétrica, pelo fato de que como os resíduos dos dados não foram homocedásticos.

Tabela 3. Estatística descritiva das variáveis que expressam o vigor vegetativo das árvores, por tratamento, referentes às doses de NPK aplicadas.

Comprimento do Ramo (cm) (A)					Distância Média dos Entrenós (cm) (B)			
Tratamentos	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)
T1	5,97	17,98 b	40,90	35,17	1,52	3,25 ab	6,45	30,83
T2	8,30	18,21 a	39,70	31,59	1,55	3,50 a	5,50	25,07
T3	9,30	16,97 b	39,30	35,41	2,05	3,14 b	5,95	22,93
T4	6,90	17,92 b	38,20	42,24	1,45	3,29 ab	5,45	27,58
T5	8,30	18,56 a	40,40	40,79	1,50	3,54 a	6,10	31,26
Média	5,97	17,93	40,90	37,04	1,45	3,34	6,45	27,54
Área Foliar (cm ²) (C)					Índice de Cor Verde Escuro (D)			
Tratamentos	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)
T1	7,43	10,97 bc	17,60	23,59	0,41	0,52 a	0,59	8,45
T2	6,65	11,30 bc	15,12	22,66	0,44	0,53 a	0,58	6,17
T3	7,82	10,47 c	16,56	15,90	0,41	0,54 a	0,60	10,67
T4	7,04	11,72 ab	18,77	30,39	0,39	0,51 a	0,60	11,93
T5	7,56	12,03 a	19,82	29,15	0,50	0,54 a	0,56	3,39
Média	6,65	11,30	19,82	24,34	0,39	0,52	0,60	8,12

CV(%): coeficiente de variação.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

As médias dessas variáveis apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos aplicados para o comprimento do ramo ($X^2 = 16,83$; p -valor = $9,3^{-13}$), distância média dos entrenós ($X^2 = 2,17$; p -valor = 0,0414) e área foliar ($X^2 = 5,09$; p -valor = 0,0011), enquanto o índice de cor verde escuro ($X^2 = 1,10$; p -valor = 0,3618) não variou. As médias dos coeficientes de variação variaram entre 8,12 e 37,04% e podem ser consideradas satisfatórias, por se tratar de um experimento em campo, onde a possibilidade de controle das variáveis ambientais é dificultada.

Para o comprimento do ramo (Tabela 3 A) e distância média dos entrenós (Tabela 3 B), as formulações de adubos que proporcionaram maior expressão de vigor foram a elevação em 100% da quantidade de potássio no solo (T5) e a correção de acordo com a tabela de interpretação dos teores de fósforo do solo de baixo para muito alto (T2), que

corresponderam, portanto, a teores médios de 351 mg/dm³ de K⁺ e 12 mg/dm³ de P no solo, apesar de, no caso da distância média dos entrenós, as diferenças entre T1 e T4 não terem sido significativas.

Pode-se observar que, para o comprimento do ramo, esses dois tratamentos diferiram significativamente dos demais, enquanto para a variável distância média dos entrenós esses tratamentos em destaque apenas apresentaram diferenças em relação ao tratamento com elevação em 100% do teor de fósforo já interpretado como muito alto (T3).

Assim, pode-se evidenciar a resposta satisfatória da espécie com adubações fosfatadas até certo teor, podendo ter ocorrido consumo de luxo, em virtude da redução do vigor quando aplicados teores excessivos desse elemento no solo. Apesar disso, a condição do solo pode influenciar a resposta das árvores à aplicação de nutrientes, talvez não sendo aplicável em locais que apresentam condições ambientais e de solo diferentes.

A deficiência nutricional dos solos urbanos é tida como uma das principais causas da redução do vigor da arborização das cidades (URBAN, 2008, JONARD et al., 2010). As árvores avaliadas no presente estudo responderam de forma significativa principalmente à adubação potássica e fosfatada para as variáveis relacionadas ao vigor vegetativo em *L. indica*, o que pode indicar uma carência nutricional de K⁺ e P do solo, ou então a disponibilização desses elementos, que antes da calagem estavam indisponíveis às plantas.

Além da adubação, de acordo com Biondi e Reissmann (1997), o comprimento dos ramos é diretamente influenciado pela quantidade de luz incidente sobre as árvores, seja ela solar ou proveniente da iluminação pública, de modo que, quanto maior a incidência da luminosidade, maior será o comprimento dos ramos. Isso explica o fato desses autores terem constatado maior comprimento dos ramos em árvores de *Handroanthus chrysotrichus* que apresentavam copas mais ralas, onde a exposição à luz era maior.

Entretanto, Biondi (1995) afirma que, além dos aspectos nutricionais, o vigor pode estar correlacionado com outros fatores do meio urbano, como poluição do ar, condições gerais do solo e fotoperíodo, os quais podem causar alterações morfológicas e fisiológicas nas árvores.

Assim, não se constatou diferenças no comprimento dos ramos entre as unidades amostrais estudadas, pois, além da quantidade de adubo aplicado ser igual em cada local, somente com a variação entre os tratamentos, o comprimento dos ramos das árvores presentes em todas as unidades amostrais sofreu a mesma interferência da radiação natural e artificial ao

longo do estudo, visto que todos os canteiros possuem iluminação pública, além de que a densidade das copas das árvores estudadas pode ser considerada homogênea. Esta constatação é importante para desconsiderar o efeito de outras variáveis ambientais, isolando apenas a resposta da adubação em relação a expressão dessa variável.

Além disso, o fato de não haver diferenças significativas entre as unidades amostrais estudadas, possivelmente ocorreu devido a esses locais apresentarem características semelhantes em termos de composição e dimensão, apesar destes estarem localizados a uma distância considerável entre eles.

De acordo com Mainardi et al. (2004), a distância dos entrenós é a variável mais influenciada pela aplicação de retardantes de crescimento em plantas, ou pela absorção de zinco pela planta. Por outro lado, árvores melhor nutridas tendem a crescer mais e, portanto, apresentam maiores distâncias médias dos entrenós.

Também é importante evidenciar que os tratamentos que proporcionaram as maiores respostas no comprimento do ramo foram os mesmos que favoreceram a expressão de uma maior distância média de entrenós das árvores (Tabelas 3 A e 3 B). Existe uma relação diretamente proporcional entre essas variáveis, sendo possível inferir que elas podem ser consideradas boas indicadoras das condições de vigor das árvores urbanas.

Quanto a área foliar, pode-se observar que o tratamento com aplicação da adubação potássica apresentou respostas mais positivas em relação aos demais, apesar deste não diferir significativamente do tratamento com a aplicação da adubação nitrogenada (Tabela 3 C).

De acordo com Farquhar et al. (2002), as folhas das árvores tendem a ser maiores à medida que a água disponível aumenta ou a temperatura ambiental diminui, o que provoca uma redução do teor de nitrogênio por unidade de área foliar (efeito de diluição). Por outro lado, folhas menores podem indicar que a temperatura é mais elevada, elevando assim o teor de nitrogênio por unidade de área das folhas.

O nitrogênio exerce papel fundamental na fotossíntese, mais especificamente por ser um dos principais elementos constituintes das enzimas fotossintéticas, como a Rubisco, envolvida no processo de fixação do CO₂ orgânico, além de ser um dos principais elementos constituintes da epiderme foliar e tecido vascular (FARQUHAR et al., 2002).

Em relação ao potássio, de acordo com Battie-Laclau et al. (2013), esse elemento é essencial para em uma série de processos metabólicos, como ativação enzimática, síntese protéica e fotossíntese, além de ser um dos principais solutos envolvidos nos processos

osmóticos, responsável pela alteração do turgor e expansão celular, de modo que a deficiência desse nutriente pode reduzir substancialmente a taxa fotossintética das árvores. Com isso, o potássio melhora a saúde vegetal, além de elevar a resistência das árvores à doenças e a tolerância ao ataque de nematóides e insetos (ZEKRI; OBREZA, 2012).

Para Biondi e Reissmann (1997) a área foliar pode ser influenciada pelo regime hídrico e a interação entre a absorção de água e a nutrição das plantas. De acordo com Inoue e Reissmann (1993), a expressão da área foliar das plantas também varia de acordo com o grau de poluição atmosférica ao qual a árvore está constantemente exposta, ocasionando assim estresse ambiental e consequente perda de vigor da mesma.

Além do grau de poluição, Kim et al. (2015) constataram a ocorrência de variação sazonal da área foliar entre os meses do ano, atribuindo-a ao grau de maturação da folhagem.

Kim et al. (2015) encontraram diferenças significativas entre as áreas foliares de *Liriodendron tulipifera*, *Prunus yedoensis*, *Quercus acutissima* e *Pinus thunbergii* em resposta a duas formulações de nitrogênio e fósforo, com adubação potássica constante, em uma floresta urbana localizada na Coreia. Observaram que a formulação que possuía o dobro de nitrogênio e a metade da quantidade de fósforo em relação a outra desencadearam os melhores resultados. Dessa maneira, a exemplo da presente pesquisa, o incremento em área foliar parece ser favorecido com a aplicação da adubação nitrogenada, ao mesmo tempo em que a adubação fosfatada parece ser restritiva, se realizada em excesso.

Ao contrário do comprimento do ramo da estação, que tende a apresentar uma relação diretamente proporcional com a incidência de luz sobre o indivíduo arbóreo, Abdul-Hamid et al. (2009) constataram que esse efeito da radiação ocorre de maneira inversa quando se trata da área foliar das árvores. Em outras palavras, árvores expostas a baixos níveis de radiação solar tendem a apresentar áreas foliares maiores, uma vez que folhas maiores tendem a ter um número maior de unidades receptoras de radiação, visando assim compensar a eficiência na produção de energia metabólica por meio da fotossíntese.

Para Backes et al. (2010), Lima et al. (2012) e Rocha et al. (2013), o índice de cor verde escuro é influenciado pelo aumento das doses de nitrogênio absorvida pelas plantas, pelo fato deste elemento estar diretamente relacionado ao processo de fotossíntese, de modo que o aumento da dose aplicada pode intensificar a cor verde das folhas. Entretanto, esse fato não foi verificado no presente estudo, uma vez que não foi constatada diferença significativa

entre o tratamento testemunha e o tratamento com elevação dos teores de nitrogênio do solo (Tabela 3 D).

Porém, ao avaliar o nível de nitrogênio foliar em *Liquidambar styraciflua*, *Styphnolobium japonicum* e *Fraxinus Excelsior* plantadas no meio urbano, Ferrini e Baietto (2006) não encontraram diferenças significativas entre as árvores adubadas e não adubadas. Desse modo, sugere-se um estudo mais detalhado e aprofundado sobre o efeito do adubo nitrogenado sobre esta variável em *L. indica*, comparando-se a resposta a diferentes dosagens deste nutriente aplicado no solo.

Segundo Rhezali (2016), geralmente a relação entre o Índice de Cor Verde-Escuro (ICVE) e os teores foliares de nitrogênio é estreita ao ponto de possibilitar que essa variável seja utilizada para desenvolver algoritmos que preveem de forma eficiente e barata a necessidade de fertilização nitrogenada a determinada espécie. Apesar da correlação existente entre os teores de nitrogênio e o índice de cor verde escuro das folhas, ROCHA et al. (2013) ressaltam que é necessário cautela, porque a deficiência de outros nutrientes pode ocasionar clorose nas folhas e comprometer a interpretação dos índices de cores avaliados.

Apesar dos teores de potássio encontrados no solo, antes da adubação terem sido interpretados como muito altos a partir de uma tabela generalista (MOREIRA et al., 2017), a resposta significativa à adubação sugere que teores mais elevados, ou seja, acima de 351 mg/dm³ (Tratamento 5), podem favorecer o desenvolvimento de *L. indica*. Entretanto, a melhor dosagem em campo para o desenvolvimento vegetativo da espécie depende de experimentação específica e controlada com fertilizante composto com este elemento em diferentes dosagens progressivas.

Por outro lado, a adubação fosfatada, cujos melhores resultados foram obtidos com até 12 mg/dm³ (Tratamento 2), sugere que teores acima destes podem ser considerados limitantes ao desenvolvimento da espécie, a exemplo do que foi verificado no tratamento 3, que correspondeu ao teor de 24 mg/dm³ do elemento no solo.

Diante do exposto, pode-se considerar que existe uma relação diretamente proporcional entre a quantidade de potássio no solo e a expressão das características de vigor das árvores, fato que inclusive foi constatado por Santin et al. (2014), após a verificação de que as árvores de *I. paraguarienses* que mais se desenvolveram foram aquelas expostas às maiores dosagens desse elemento, plantadas em solo húmido no município de São Mateus do Sul.

A adubação dos solos tem a capacidade de proporcionar tanto efeitos positivos quanto negativos ao crescimento das árvores pois a adição em concentrações adequadas de um elemento no solo pode favorecer a absorção de outros elementos que até então limitavam a resposta das espécies, pelo fato de modificar os processos ocorridos na rizosfera. Um exemplo deste fato foi constatado Zheng et al. (2017), observando que a longo prazo, a adição de nitrogênio favorece a liberação de fósforo no solo, já que esse processo induz ao desenvolvimento da comunidade de bactérias solubilizantes de fosfato inorgânico no solo.

Em contrapartida, estudando os efeitos da adubação nitrogenada na China, Tian et al. (2017) observaram que a aplicação de nitrogênio em excesso no solo tem a capacidade de limitar a absorção de fósforo, devido à competição pelos sítios ativos na rizosfera. Diante disso, fica ainda mais evidente a dificuldade em propor atividades de adubação em áreas urbanas, pois, além da grande heterogeneidade dos solos, deve-se aplicar a quantidade exigida pela espécie, sempre considerando o equilíbrio ótimo entre as quantidades de nutrientes a serem fornecidos.

Outro fator importante ao analisar o vigor de *L. indica* está em considerar a ocorrência de podas frequentes submetidas a espécie com o objetivo de evitar o conflito entre as árvores e a rede elétrica, principalmente no caso dos canteiros da arborização de ruas (KNOX, GILMAN, 2015). Elas são comumente realizadas pela prefeitura ou pelos próprios moradores, sendo que muitas vezes não são realizadas de forma correta, pelo fato destes não possuírem o conhecimento técnico necessário para execução desse procedimento de forma adequada.

No presente estudo constatou-se que todas as árvores avaliadas apresentavam sinais de intervenção por podas, realizadas a alguns anos, e por isso não prejudicaram a condução da pesquisa. As práticas de poda tendem a causar distúrbios graves às árvores logo após a sua execução, mas com o passar do tempo seus efeitos são reduzidos e até mesmo não são expressivos ao desenvolvimento vegetal. Isso indica a importância da realização de estudos posteriores com *L. indica* visando conhecer o efeito das intervenções por poda, prática esta que é muito comum na área urbana.

5.1.2 Experimento 2 – Arborização da praça

No experimento 2, a avaliação das dosagens crescentes de fósforo demonstrou que as médias dessas variáveis apresentaram variações significativas entre os tratamentos aplicados para o comprimento do ramo ($X^2= 19,07$; p -valor= 0,0008), distância média dos entrenós ($X^2= 21,23$; p -valor= 0,0003) e área foliar ($X^2= 14,34$; p -valor= 0,0063), no entanto não houve diferença para a variável índice de cor verde escuro ($X^2= 7,70$; p -valor= 0,1032) (Tabela 4). Para todas as variáveis mensuradas, verificou-se após aplicação do teste de Bartlett que os resíduos não foram homocedásticos, o que justifica o emprego da estatística não paramétrica.

Tabela 4. Estatística descritiva das variáveis que expressam o vigor vegetativo das árvores, por tratamento, referentes às dosagens crescentes do adubo fosfatado. (A): Comprimento do ramo da estação de crescimento; (B): Distância média dos entrenós; (C): Área foliar e (D): Índice de Cor Verde-Escuro das folhas.

Comprimento do Ramo (cm) (A)						Distância Média dos Entrenós (cm) (B)			
Tratamentos	P (mg/dm ³)	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)
T1	5	3,5	12,32 b	21,1	43,14	1,3	3,10 b	5,7	30,28
T2	7,5	9,1	14,63 a b	21,5	19,12	2	3,10 b	4,85	21,76
T3	10	6,2	12,79 b	24,6	27,88	1,4	2,87 b	6,1	31,99
T4	12,5	7,5	13,19 b	23,1	24,67	1,75	3,22 a b	5,2	23,03
T5	15	7,1	14,94 a	30,1	29,02	1,2	3,52 a	5,2	24,98
Média		3,5	13,57	30,1	28,76	1,2	3,16	6,1	26,41
Área Foliar (cm ²) ©						Índice de Cor Verde Escuro (D)			
Tratamentos	P (mg/dm ³)	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)
T1	5	5,48	7,93 b	12,12	23,14	0,42	0,47 a	0,55	7,84
T2	7,5	6,39	8,15 a b	11,21	19	0,38	0,51 a	0,56	9,1
T3	10	6,13	8,82 a b	11,99	19,75	0,39	0,49 a	0,54	9
T4	12,5	7,56	9,79 a b	12,65	17,36	0,26	0,44 a	0,56	24,21
T5	15	7,69	10,29 a	13,43	19,65	0,28	0,45 a	0,55	17,38
Média		5,48	9,00	13,43	19,78	0,26	0,47	0,56	13,51

P (mg/dm³): Teor de fósforo total no solo, após aplicação da adubação;

CV(%): Coeficiente de variação.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$)

Com exceção do índice de cor verde escuro (Tabela 4 D), o comprimento do ramo (Tabela 4 A); a distância dos entrenós (Tabela 4 B) e a área foliar (Tabela 4 C) foram

influenciadas significativamente pelo tratamento que elevou em 200% os teores de fósforo, totalizando 15 mg/dm³ deste elemento no solo.

Os teores de fósforo que proporcionaram os melhores resultados para a expressão do vigor vegetativo da *L. indica* foram aproximados entre os experimentos 1 e 2, pois no primeiro experimento o tratamento que elevou a interpretação dos níveis do elemento de baixo para muito alto foi equivalente ao teor de 12 mg/dm³ do elemento, enquanto no experimento 2, o tratamento correspondente a aplicação de 200% do teor encontrado no solo, equivalente a 15 mg/dm³, foi o que favoreceu o crescimento anual em *L. indica*. Portanto, a espécie tende a apresentar respostas satisfatórias em seu vigor quando submetida a adubações mais elevadas de fósforo, equivalentes a teores de 15 mg/dm³ do elemento no solo.

No experimento 1 verificou-se que o tratamento 3, equivalente a elevação em 100% do teor de fósforo interpretado como muito alto ou ao teor total de 24 mg/dm³ de fósforo no solo reduziu a resposta das variáveis mensuradas. Sendo assim, pode-se afirmar que o intervalo ideal de concentração desse elemento no solo para *L. indica* está entre 15 e 24 mg/dm³, considerando as condições ambientais e do solo encontradas na presente pesquisa. Entretanto, essa demanda pode ser momentânea tendo em vista a inexistência de práticas de adubação nestes espaços públicos. Da mesma forma, falta conhecimento sobre o intervalo entre aplicações para manter as árvores da espécie manifestando as melhores características de vigor.

Como não existem informações na literatura referentes à interpretação e recomendação de adubação para a espécie objeto de estudo, utilizaram-se os valores médios presentes nas tabelas de recomendação desenvolvidas por Moreira et al. (2017) para a maioria das espécies frutíferas presentes nessa literatura. Verificou-se, nessas tabelas, que o teor recomendado de fósforo a ser aplicado no solo para a maioria das culturas foi de 4,37 mg/dm³, cujo teor ficou bem abaixo do intervalo de adubação fosfatada sugerido pelo presente estudo de 15 a 24 mg/dm³ para a espécie estudada.

Isso pode ter ocorrido pelo fato de *L. indica* possuir eventualmente uma necessidade nutricional mais elevada em relação à maioria das espécies frutíferas, ou ainda devido às condições adversas do solo urbano dos locais, que podem ter dificultado a absorção e consequentemente reduzido a eficiência no uso dos nutrientes por parte da espécie. Dessa forma, quanto mais pobre é o solo, maior é a quantidade necessária de nutrientes para que se consiga a mesma resposta adquirida em um solo com melhores condições.

Para Logsdon e Sauer (2017), além da perda de nutrientes em superfície pelo escoamento com a água, a compactação é um dos principais fatores responsáveis pela redução da capacidade do solo urbano em sustentar o desenvolvimento das espécies arbóreas, já que restringe o crescimento das plantas, pois dificulta a infiltração de água e a aeração no perfil do solo, o que prejudica a solubilização dos nutrientes aplicados e conseqüentemente dificulta a absorção destes pelas árvores.

Apesar de *L. indica* ser uma espécie caducifolia, os elementos presentes na folha após a sua queda não são reaproveitados pela árvore pois não ocorre a ciclagem, principalmente dos micronutrientes, já que as operações de limpeza das folhas dos canteiros da praça são realizadas constantemente pelos moradores ou pela prefeitura. Além disso, precipitações pluviométricas elevadas contribuem para a remoção de fósforo do solo, por ser um elemento facilmente lixiviado (HOBBIE et al., 2014), o que explica o fato das árvores terem respondido a dosagens mais elevadas de fósforo.

Por outro lado, a precipitação pluviométrica afeta diretamente a eficiência no uso do fósforo por parte das árvores, não só por acelerar o processo de liberação do elemento para o solo pela decomposição, mas também para torná-lo disponível e solúvel próximo às raízes, visto que muitos compostos desse elemento não estão prontamente disponíveis para a absorção pelas árvores (BROWN, 2015).

Sun e Zhao (2016) afirmam ainda que a decomposição dos nutrientes foliares afeta a ciclagem de nutrientes e a fertilidade do solo, além do processo de sequestro de carbono nos ecossistemas naturais urbanos. Esses autores também estudaram a massa foliar decomposta em *Robinia pseudoacacia* e *Pinus armandii* em ecossistemas urbanos e não urbanos, e concluíram que a decomposição no ambiente urbano é significativamente mais acelerada.

De acordo com Brown (2015), a aplicação do adubo fosfatado afeta principalmente o desenvolvimento do sistema radicular das árvores. Dessa forma, raízes mais desenvolvidas e vigorosas tendem a elevar a eficiência na absorção não só de fósforo, mas também dos demais nutrientes. Assim, as respostas das árvores a teores mais elevados de fósforo podem indicar uma melhoria na absorção de todos os nutrientes disponíveis no solo, favorecendo assim a condição de vigor da espécie como um todo.

A competição entre as árvores no ambiente urbano também afeta a absorção de fósforo. A praça, objeto de estudo referente ao experimento 2, é o local onde o fator competição é mais proeminente, com 16 indivíduos de *L. indica* distribuídos em um

espaçamento linear médio de 3 metros entre eles. Fang et al. (2017) concluíram que em árvores mais espaçadas de *Cunninghamia lanceolata*, a quantidade de fósforo na rizosfera e nas folhas era maior do que em árvores que sofriam mais competição de modo que a menor densidade de árvores reduziu a competição pelo adubo fosfatado e conseqüentemente favoreceu o desenvolvimento das árvores.

Hobbie et al. (2014) constataram que as folhas de *Acer platanoides*, *Acer x fremanii*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Quercus bicolor* e *Tilia cordata* apresentaram uma rápida decomposição, perdendo 80% da massa inicial e liberando mais da metade do conteúdo de fósforo após um ano, o que permitiu concluir que o reaproveitamento de nutrientes, principalmente por parte das árvores urbanas decíduas é essencial para o seu bom desenvolvimento, já que a decomposição e manutenção das folhas sob as árvores pode reduzir significativamente a necessidade do aporte nutricional por parte da adubação, principalmente para o elemento em questão.

No entanto, como a resposta à adubação foi mais significativa para a maior dose avaliada, sugere-se a realização de um experimento mais detalhado, contemplando um maior número de dosagens e aplicações de doses ainda mais elevadas do elemento, com o objetivo de estabelecer a partir de qual dose a resposta a adubação com fósforo passaria a ser limitante, devido à competição entre os nutrientes na solução do solo.

O fato da análise de solo (Anexo 1) ter indicado pH reduzido, isto é, mais ácido, pode indicar pouca influência antrópica sobre as condições do local, já que a interferência antrópica, com deposição de material de construção e outros materiais provenientes da atividade humana tendem a deixar o solo mais básico, elevando assim o pH. Desde modo, pode-se considerar que as unidades amostrais analisadas possuem solos pouco modificados, ou seja, pouco afetados pelo processo de urbanização da cidade.

Além disso, pode-se observar que ambas as unidades apresentam altas concentrações de argila e baixas de areia em sua composição, fato este que pode estar relacionado com os teores relativamente elevados de NPK no solo, indicando que, de modo geral, o solo analisado apresenta, em virtude dos seus atributos físicos, a capacidade em suportar o desenvolvimento da arborização sobre ele introduzida.

5.2 Vigor Fisiológico

5.2.1 Experimento 1 - Arborização do parque e dos canteiros das calçadas

Os dados coletados antes e depois da adubação demonstraram que os teores de clorofila *a* ($V= 1493$; p -valor= 0,7215) e *b* ($V= 1323$; p -valor= 0,3515) não variaram significativamente (Figura 10).

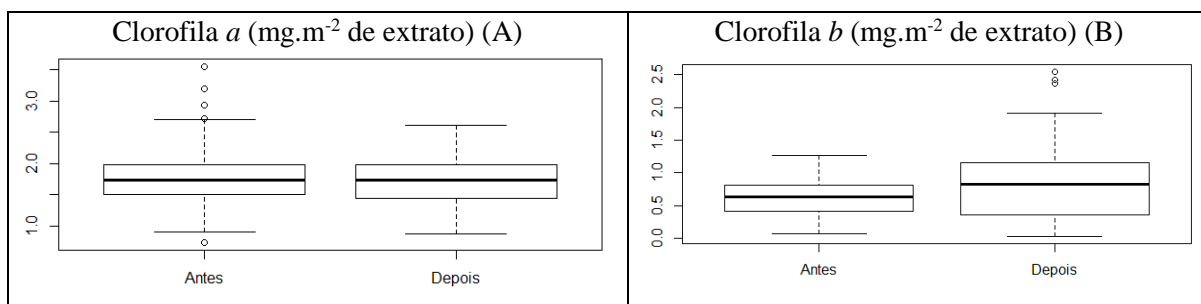


Figura 10. Distribuição comparativa das variáveis representativas do vigor fisiológico, mensuradas nas estações de crescimento de 2016 (antes da adubação) e 2017 (depois da adubação) em árvores de *L. indica* localizadas nas unidades amostrais A, C, D, E e F. (A): Clorofila *a* e (B): Clorofila *b*.

O fato do vigor fisiológico não ser responsivo à adubação pode ter relação com o grau de adaptabilidade da espécie ao ambiente urbano. Rahman (2013) sugere que árvores recém-plantadas passam por um processo de lenta aclimação fotossintética, fazendo com que elas apresentem alterações na concentração e fluorescência de clorofila, consequência da adaptação fotossintética ao novo ambiente. Por outro lado, árvores adultas e já adaptadas às condições ambientais das cidades tendem a apresentar condições fisiológicas estáveis.

Esse fato pode explicar a homogeneidade quanto aos teores de clorofila entre os tratamentos analisados no presente estudo, uma vez que as árvores aqui avaliadas são adultas e aparentemente bem adaptadas ao ambiente onde estão inseridas.

Outro fator ambiental relacionado ao teor de clorofila foliar foi verificado por Qi et al. (2006), ao estudarem os efeitos da luminosidade em *Quercus virginiana*, componentes da arborização do campus da universidade de Southern, nos Estados Unidos. Esses autores verificaram que as folhas expostas ao sol apresentavam teores de clorofila significativamente

maiores do que as folhas sombreadas, sendo essa diferença atribuída a adaptabilidade ambiental da espécie.

Dessa forma, o fato dos teores de clorofila serem semelhantes entre os tratamentos para a presente pesquisa sugerem que as árvores analisadas estavam expostas a condições homogêneas de luminosidade, já que todos os indivíduos possuem porte similar e a maioria deles não sofre influência do sombreamento de outras árvores e estruturas urbanas.

Considerando as unidades amostrais como blocos (Tabela 5), não houve diferença significativa entre eles e nem entre os tratamentos aplicados, tanto para o teor de clorofila *a* ($X^2= 0,46$; p -valor= 0,7616) quanto para o teor de clorofila *b* ($X^2= 0,55$; p -valor= 0,8110).

Tabela 5. Estatística descritiva das variáveis que expressam o vigor fisiológico das árvores, por tratamento, referentes às doses de NPK aplicadas.

Tratamentos	Clorofila <i>a</i> (mg.m ⁻² de extrato) (A)				Clorofila <i>b</i> (mg.m ⁻² de extrato) (B)			
	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)
T1	1,06	1,52 a	2,21	19,30	0,18	0,86 a	2,55	55,07
T2	1,54	1,84 a	2,46	14,72	0,03	0,57 a	1,42	83,42
T3	1,25	1,77 a	2,28	18,56	0,15	0,97 a	2,36	60,66
T4	1,30	1,85 a	2,61	21,22	0,04	0,63 a	1,39	71,30
T5	0,87	1,78 a	2,61	28,80	0,17	0,74 a	1,24	54,05
Média	0,87	1,75	2,61	20,52	0,03	0,75	2,55	64,90

CV(%): coeficiente de variação.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$)

O fato dos teores de clorofila não apresentarem variação significativa entre os tratamentos pode estar relacionado com a semelhança de respostas observadas para o índice de cor verde escuro. A clorofila é o pigmento diretamente responsável pela expressão da coloração das folhas, sendo possível inferir que, quanto maiores os teores foliares de clorofila, as folhas tendem a apresentar coloração verde mais intensa (AMARANTE et al.; 2009).

Ferrini e Baietto (2006) analisaram a influência da adubação mista de N-P-K (15-9-15) sobre os teores de clorofila total em *Liquidambar styraciflua*, *Styphnolobium japonicum* e *Fraxinus excelsior* plantadas no ambiente urbano e, a exemplo do presente estudo, não encontraram diferenças significativas entre as árvores que receberam e não receberam a aplicação desses adubos em três anos após o transplante para a arborização urbana.

Apesar da adubação não proporcionar alterações significativas nos teores de clorofila *a* e *b*, outros fatores comprovadamente influenciam as respostas fisiológicas das árvores. Estudando os efeitos da poluição sobre os teores de clorofila em *Azadirachta indica*, *Conocarpus erectus*, *Guaiacum officinale* e *Eucalyptus* sp., Iqbal et al. (2015) encontraram menores concentrações dos teores de clorofila das folhas coletadas em locais poluídos em comparação com locais que apresentavam baixa movimentação de veículos. Isso indica que o tráfego intenso que causa a poluição do ar afeta os teores de clorofila das folhas de árvores expostas a essas condições.

Apesar do efeito desse fator ser relevante para os grandes centros urbanos, a influência da poluição pode ser desprezível no presente estudo, pelo fato de que a cidade de Irati é pequena e tem uma frota relativamente baixa de veículos e indústrias altamente poluidoras em comparação com as grandes cidades, além de que os locais onde encontram-se as unidades amostrais avaliadas possuem um índice de trafegabilidade semelhante, o que contribuiria para a homogeneidade dos efeitos da poluição sobre os teores de clorofila presente nas folhas.

Vários trabalhos na literatura indicam que a elevação dos teores de clorofila foliar está intimamente relacionada com os níveis de adubação nitrogenada aplicados (ARGENTA et al., 2004; FARQUHAR et al., 2002; HOKMALIPOUR; DARBANDI, 2011; KUO, 2015). Assim, o fato de não se constatarem diferenças entre os teores de clorofila no presente estudo possivelmente tem relação com o fato do adubo nitrogenado não ter proporcionado as melhores médias para essa variável em questão.

5.2.2 Experimento 2 - Arborização da Praça

Assim como no experimento 1, foi possível verificar que não houve diferenças significativas entre os teores de clorofila *a* ($X^2= 3,88$; p -valor= 0,4223) e *b* ($X^2= 2,81$; p -valor= 0,5900) no experimento 2 (Tabela 6).

Tabela 6. Estatística descritiva das variáveis que expressam o vigor fisiológico das árvores, por tratamento, referentes às dosagens crescentes do adubo fosfatado.

Tratamentos	Clorofila <i>a</i> (mg.m ⁻² de extrato) (A)					Clorofila <i>b</i> (mg.m ⁻² de extrato) (B)			
	P (mg/dm ³)	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)
T1	5	0,26	1,44 a	2,38	52,95	0,01	0,58 a	1,71	110,06
T2	7,5	0,27	1,51 a	2,43	61,09	0,01	0,65 a	1,91	131,15
T3	10	0,23	1,72 a	2,56	45,08	0,08	0,56 a	1,79	100,01
T4	12,5	1,14	1,67 a	2,24	24,56	0,02	0,61 a	1,2	77,27
T5	15	0,94	1,39 a	2,07	31,46	0,07	0,89 a	1,33	44,81
Média		0,23	1,55	2,56	43,03	0,01	0,66	1,91	92,66

P (mg/dm³): Teor de fósforo total no solo, após aplicação da adubação;

CV(%): Coeficiente de Variação.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p>0,05)

O fato de não se constatar diferenças significativas entre os níveis de adubação fosfatada para os teores de clorofila *a* (Tabela 6 A) e clorofila *b* (Tabela 6 B) pode significar que os processos metabólicos internos envolvendo a produção de pigmentos foliares, especificamente a clorofila, estão ocorrendo de forma adequada, de modo que o suprimento de nutrientes para o desempenho dessa atividade fisiológica está ocorrendo normalmente na espécie, independentemente da quantidade de adubo aplicado no solo.

De maneira geral, as condições ambientais são um dos fatores que mais influenciam as respostas fisiológicas das plantas (SWOCZYNA et al., 2014). Zhang et al. (2016) afirmam que espécies que crescem em locais onde a incidência de radiação é reduzida, por exemplo, desenvolvem recursos para melhorar a eficiência na captação da energia luminosa, como o aumento do teor de clorofila ou da área foliar. Dessa forma, o fato dos teores de clorofila não terem variado no presente estudo indicam que essas adaptações não foram necessárias à *L. indica*, e portanto, esses recursos não influenciaram a expressão de outras variáveis, como a área foliar da espécie em estudo.

Em ambos os experimentos, é possível verificar que os teores de clorofila *a* são sempre maiores que os teores de clorofila *b*, independente do tratamento analisado. Isso ocorre, pois, de acordo com Shibghatallah et al. (2013), a clorofila *a* contribui mais que a clorofila *b* no processo de fotossíntese, e por isso é requerida em maior quantidade nas folhas, pois, enquanto o pigmento do tipo *a* absorve os comprimentos de onda que vão do violeta ao

azul e do laranja ao vermelho no espectro visível, os pigmentos acessórios, entre eles a clorofila do tipo *b*, absorvem a energia nos demais comprimentos de onda.

5.3 Vigor de florescimento

A análise da intensidade amostral indicou que foram mensuradas, em média, 12 panículas por árvore. Dessa forma, pode-se considerar que a amostragem realizada foi representativa em todas as árvores analisadas no presente estudo, considerando o nível de erro pré-determinado de 10% (Tabela 7).

Tabela 7. Quantidade total e quantidade mensurada de panículas em árvores de *L. indica*, por tratamento, antes e depois das adubações, localizadas no parque e nos canteiros avaliados no presente estudo.

Tratamentos	Antes		Depois	
	Panículas		Panículas	
	Total	Mensurados	Total	Mensurados
T1	130	13	130	13
T2	140	14	130	13
T3	90	9	90	9
T4	100	10	100	10
T5	140	14	150	15
Média	120	12	120	12

5.3.1 Experimento 1 - Arborização do parque e dos canteiros das calçadas

Os dados coletados antes e depois da adubação demonstraram que o comprimento ($V=13164$; $p\text{-valor}=3,42^{-9}$) e a largura da floração ($V=14535$; $p\text{-valor}=1,42^{-6}$) apresentaram variações significativas (Figura 11), indicando que as condições da floração foram responsivas ao processo de adubação, sendo superiores na estação de crescimento após a aplicação dos adubos no solo. Essa diferença também pode ser verificada na Figura 12, que mostra a comparação das características da floração antes e depois do processo de adubação.

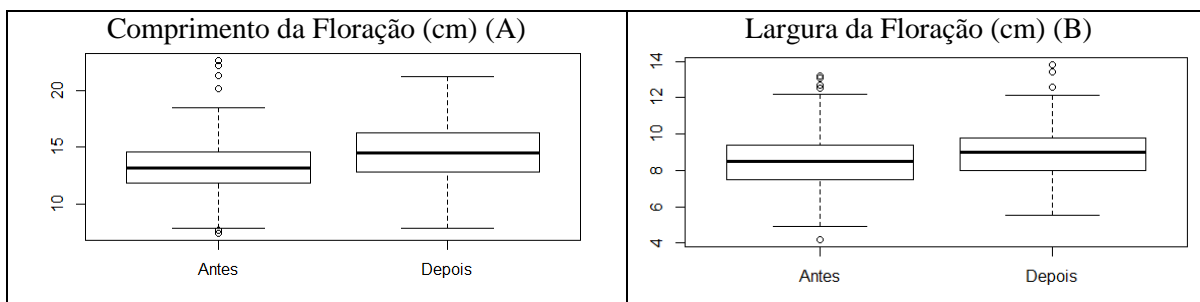


Figura 11. Distribuição comparativa das variáveis representativas do vigor de florescimento, mensuradas nas estações de crescimento de 2016 (antes da adubação) e 2017 (depois da adubação).

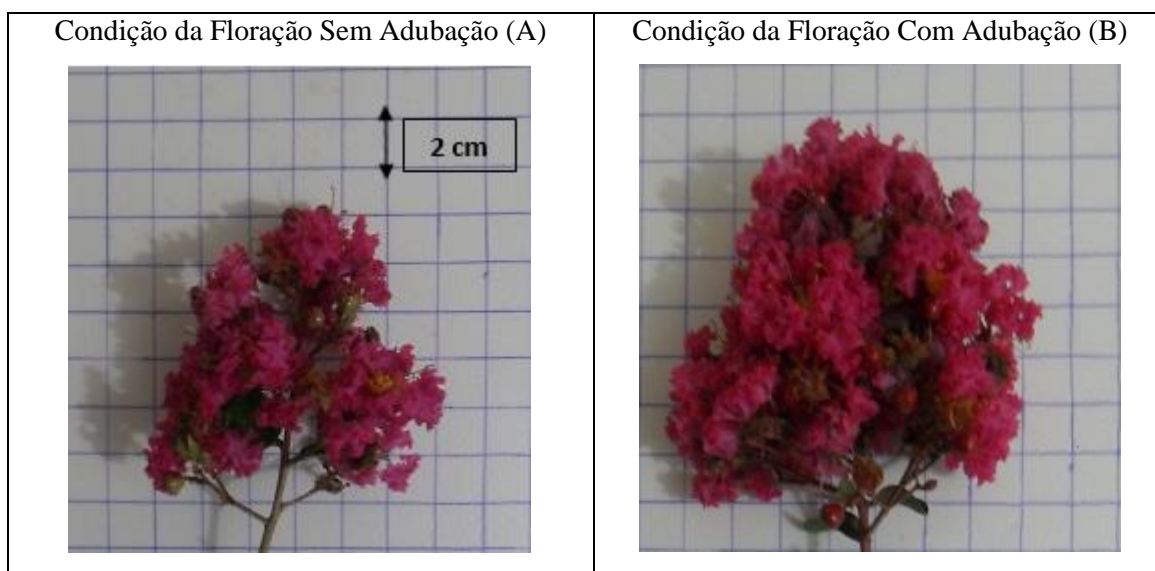


Figura 12. Ramos representativos das características das panículas de árvores que não foram adubadas (A) e de árvores adubadas (B).

Com essa análise, é possível observar que o processo de adubação proporcionou maior crescimento das panículas, tanto em comprimento quanto em largura, o que significa dizer que a adição de nutrientes no solo ocasionou elevação no vigor de florescimento das árvores. Desse ponto de vista, é essencial o estudo não só dos efeitos da adubação, mas também de outras alternativas que visem intensificar o desenvolvimento da floração, para que os benefícios proporcionados pelas flores, principalmente estéticos, sejam evidenciados.

De acordo com Zheng (2009), dentre todos os elementos constituintes das árvores, as flores são os mais perceptíveis pela população das cidades, o que indica que os aspectos

estéticos assumem um papel importante na avaliação da qualidade de vida das cidades por parte de seus habitantes. Segundo esse autor, a resposta a esse estímulo visual envolve a psicologia humana, na qual os indivíduos associam paisagens bem cuidadas e coloridas ao orgulho de si mesmo e da comunidade por estar demonstrando cuidado com o ambiente onde vivem.

Além dos benefícios estéticos, árvores com florações maiores e, portanto, mais vigorosas, tem a capacidade de contribuir para o fornecimento de nutrientes e recursos florais como pólen e néctar para os insetos polinizadores da região. Essa relação existente entre o desenvolvimento da fauna e da flora pode favorecer a manutenção da estabilidade do ecossistema, contribuindo para o equilíbrio ambiental das grandes cidades (SOMME et al., 2016).

A influência dos nutrientes no vigor de florescimento pode estar relacionada ao fato das flores apresentarem maior concentração interna dos elementos após a adubação. Malek e Mustapha (2013), estudando as condições da arborização no norte da Tunísia, verificaram que a fertilização combinada de N-P-K em *Olea europaea* permitiu a melhoria do estado nutricional da espécie, apresentando teores mais elevados desses elementos tanto nas folhas quanto nas flores da árvore.

Ao considerar as unidades amostrais como blocos (A, C, D, E e F) constatou-se que não houve diferença significativa entre os locais, no entanto, os tratamentos aplicados nessas unidades amostrais apresentaram diferenças significativas (Tabela 8) para o comprimento ($X^2 = 13,85$; p -valor = $3,1 \cdot 10^{-10}$) e largura da floração ($X^2 = 23,78$; p -valor = $1,1 \cdot 10^{-16}$).

Tabela 8. Estatística descritiva das variáveis que expressam o vigor de florescimento das árvores, por tratamento, referentes às doses de NPK aplicadas.

Tratamentos	Comprimento da Floração (cm) (A)				Largura da Floração (cm) (B)			
	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)
T1	10,10	13,93 c	17,30	13,14	6,80	8,82 c	13,40	14,18
T2	10,10	15,10 b	17,30	13,72	6,60	9,25 b	12,10	13,92
T3	7,80	13,06 c	21,30	21,55	5,50	7,93 d	10,10	14,64
T4	8,40	13,00 c	18,30	18,68	5,60	8,47 cd	11,30	15,44
T5	12,30	16,25 a	18,30	12,18	7,40	9,94 a	13,80	12,32
Média	7,80	14,27	21,30	15,85	5,50	8,88	13,80	14,10

CV(%): coeficiente de variação.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p > 0,05$)

A formulação que proporcionou maior expressão de vigor de florescimento em relação ao comprimento (Tabela 8A) e largura (Tabela 8B) em *L. indica* foi a elevação em 100% da quantidade de potássio no solo (T5), que correspondeu a teores médios de 351 mg/dm³ de K⁺ no solo, seguida da formulação que corrigiu os teores de fósforo do solo de baixo para muito alto (T2), com o teor de 12 mg/dm³ de P no solo, considerando as condições ambientais e de solo apresentadas no presente estudo.

Assim, pode-se observar que esses resultados foram semelhantes aos obtidos com as variáveis relacionadas ao vigor vegetativo das árvores, nos quais esses dois tratamentos também apresentaram as maiores médias, apesar de, naquele caso, não terem apresentado diferenças significativas entre si, como ocorreu para o vigor de florescimento.

O desenvolvimento das flores em resposta à adubação potássica está relacionado com as atividades metabólicas ocorridas após a absorção desse elemento pela planta. Esse elemento, além de desempenhar um papel importante na regulação osmótica e de pressão, que resulta no aumento das células e no crescimento das plantas (MAHMOUD et al., 2017), é o macro elemento que mais apresenta efeitos positivos na floração, pois promove a formação de aminoácidos que estimulam a formação da IAA-oxidase, que por sua vez, estimula a indução das flores (FABBRI; BENELLI, 2000).

De acordo com Mahmoud et al. (2017), a adubação potássica favorece a floração pois esse elemento também estimula a produção de piruvato quinase, enzima que influencia o nível de uma série de aminoácidos envolvidos na indução floral. De acordo com esses autores, além de melhorar o estado nutricional das árvores, o potássio aumenta a disponibilidade de assimilados que podem levar ao estímulo da indução do florescimento.

Novamente, pode-se verificar que a aplicação de doses mais elevadas de fósforo (T3) reduziu as respostas do florescimento, assim como ocorreu para o vigor vegetativo da espécie (Tabela 3) indicando a possível ocorrência do consumo de luxo pelo excesso desse nutriente no solo, apesar da espécie ser responsiva a esse elemento com o teor de 12 mg/dm³ no solo (T2).

A exemplo desse estudo, Chatzitheodorou et al. (2004) também verificaram que a floração de *Prunus persica* foi responsiva à adubação fosfatada, além da adubação nitrogenada não ter contribuído para o crescimento da floração, avaliadas na fazenda do Instituto de Pomologia da China. De acordo com Chaikul et al. (2016), altos teores foliares de

nitrogênio antes da floração podem prejudicar a formação das panículas, fato que pode explicar o reduzido crescimento das flores nas árvores submetidas à adubação nitrogenada, já que esse elemento ativa os processos vegetativos da planta.

Além disso, a resposta à adubação fosfatada está relacionada com a demanda desse nutriente na fase de floração. De acordo com Martinez et al. (2003), as flores *de Prunus persica* apresentam concentrações de fósforo de 1,5 a 2 vezes superiores às observadas nas folhas aproximadamente 60 dias após a floração. A adubação potássica, de acordo com Matsumoto et al. (2007), especialmente na forma de clorato, contribui para a uniformidade da floração, permitindo que a indução floral ocorra de maneira mais consistente e pode inclusive favorecer a floração fora de época.

A resposta significativa da aplicação de fósforo e potássio pode ter ocorrido em virtude do envolvimento destes elementos na realização de alguns processos. Segundo Zekri e Obreza (2012), o potássio trabalha junto com o fósforo com o objetivo de manter e estimular o crescimento rápido do sistema radicular das plantas, além de estimular a síntese proteica de aminoácidos.

Além dos aspectos nutricionais, algumas condições ambientais também influenciam o desenvolvimento da floração das árvores. Além do estresse térmico, de acordo com Biondi e Reissmann (1997), a iluminação é um dos principais fatores do ambiente que influenciam o período e a duração do processo de floração das árvores urbanas. Além disso, a ocorrência de alterações nas condições da floração deve interferir, conseqüentemente, em outros processos fenológicos das árvores, como a frutificação, por exemplo. Desse modo, as alterações fenológicas ocasionadas pelas condições ambientais podem estar intimamente relacionadas com a capacidade de expressão do vigor das árvores.

Essas alterações fenológicas possivelmente ocorrem devido a modificações fisiológicas relacionadas à concentração de hormônios responsáveis por induzir ou inibir esses processos no metabolismo das plantas.

5.3.2 Experimento 2 – Arborização da praça

No experimento 2, a avaliação das dosagens crescentes de fósforo demonstrou que as médias correspondentes ao vigor de florescimento apresentaram variações significativas entre os tratamentos aplicados para o comprimento ($X^2= 59,17$; p -valor= $4,34^{-12}$) e para a largura das florações ($X^2= 9,96$; p -valor= 0,041) (Tabela 9).

Tabela 9. Estatística descritiva das variáveis que expressam o vigor de florescimento das árvores, por tratamento, referentes às dosagens crescentes do adubo fosfatado.

Tratamentos	P (mg/dm ³)	Comprimento da Floração (cm) (A)				Largura da Floração (cm) (B)			
		Mínimo	Média	Máximo	CV (%)	Mínimo	Média	Máximo	CV (%)
T1	5	8	12,84 b	19,3	23,57	4,80	7,77 b	11,10	22,65
T2	7,5	9,3	13,25 b	18,2	16,92	6,90	8,64 b	11,70	13,61
T3	10	6,2	11,48 b	17,2	26,12	3,90	7,25 b	9,60	23,86
T4	12,5	9,2	14,54 a b	19	16,03	6,30	8,90 b	11,90	16,20
T5	15	11,4	16,35 a	26,5	15,15	7,20	9,84 a	13,60	13,04
Média		6,20	13,69	26,50	19,56	3,90	8,48	15,00	17,88

P (mg/dm³): Teor de fósforo total no solo, após aplicação da adubação;

CV(%): Coeficiente de Variação.

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p>0,05$)

O comprimento (Tabela 9 A) e a largura da floração (Tabela 9 B) foram influenciadas significativamente pelo tratamento que elevou em 200% os teores de fósforo no solo, apesar de, no caso do comprimento da floração, este tratamento não ter diferido em relação a T4. Como já mencionado, antes da adubação o solo possuía 5 mg/dm³ de P, portanto, os melhores resultados tendem a corresponder à aplicação de 200% desse teor, ou seja, 10 mg/dm³ de P, totalizando 15 mg/dm³ presentes no solo após a aplicação dos tratamentos.

O vigor de florescimento foi favorecido pelos maiores teores de fósforo possivelmente em virtude da participação direta desse elemento nos processos metabólicos que afetam a expressão da condição das inflorescências. Erel et al. (2016) afirmam que esse elemento é essencial na síntese de carboidratos, que por sua vez influenciam diretamente a qualidade das flores, sendo que, quanto maiores os níveis de carboidratos produzidos, melhor será o desenvolvimento da floração das árvores.

A demanda por teores mais elevados de fósforo para o desenvolvimento da floração pode ser explicada pela importância desse nutriente para a formação das flores. De acordo com Martinez et al. (2003), as concentrações de nitrogênio e potássio são semelhantes entre as folhas e flores, indicando que a demanda por esses nutrientes por parte desses órgãos também é equivalente. No entanto, a concentração de fósforo é mais elevada nas flores pois esse elemento é móvel no floema, que por sua vez se acumula nos órgãos reprodutivos, e realiza funções importantes no crescimento do tubo polínico, maturação do grão de pólen e no metabolismo intenso da primeira fase de formação dos frutos.

Da mesma forma, Erel et al. (2016) afirmam que a relação existente entre o crescimento das flores e a adubação fosfatada é significativa, pois, no caso de deficiência de fósforo, este se acumula principalmente nas folhas, com o objetivo de manter a eficiência no processo de fotossíntese, o que reduz a concentração do elemento nas flores, consequentemente reduzindo o crescimento das inflorescências.

A realização de estudos que indiquem a resposta das árvores à aplicação de doses crescentes de determinados nutrientes é fundamental para a aplicação das formulações de adubos em dosagens adequadas. Malek e Mustapha (2013) enfatizam que é essencial a aplicação racional de nutrientes, visando satisfazer as necessidades nutricionais da espécie, minimizar o impacto ambiental, melhorar o vigor e a qualidade das árvores e evitar o uso excessivo de fertilizantes, principalmente realizando se possível a análise química foliar da espécie, aliada à análise de solo.

6. CONCLUSÕES

A aplicação dos fertilizantes elevou a expressão de todas as variáveis relacionadas ao vigor vegetativo, com exceção do índice de cor verde escuro, que não variou significativamente entre os tratamentos.

O vigor fisiológico de *L. indica* não foi responsivo a aplicação dos fertilizantes, indicando que as variáveis relacionadas à mensuração desse vigor não se apresentam como um bom parâmetro para a resposta da aplicação dos adubos.

Houve um aumento do vigor de florescimento após a aplicação da adubação.

A expressão do vigor vegetativo e de florescimento foi mais influenciada pela adubação potássica e fosfatada, com teores de 351 mg/dm³ de K⁺ e 12 mg/dm³ de P no solo, entretanto, a resposta das árvores a esses teores depende das condições de disponibilidade desses nutrientes no solo. Além disso, o vigor fisiológico não foi alterado após a aplicação dos fertilizantes.

A aplicação de 200% do teor de fósforo do solo, ou 10 mg/dm³, proporcionou a elevação do vigor vegetativo e de florescimento em *L. indica*, enquanto o vigor fisiológico permaneceu homogêneo entre os tratamentos.

Dentre as variáveis do vigor vegetativo, recomenda-se o comprimento do ramo da estação para caracterizar a expressão do vigor da espécie, enquanto o vigor de florescimento foi melhor caracterizado pelo comprimento das panículas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUL-HAMID, H.; SHUKOR, N. A. A.; MAT, S.; SENIN, A. L. Effects of waterlogging on growth and physiology of *Hopea odorata* Roxb. **International Journal of Biology**, v.1, n. 2, p. 87-93, 2009.
- ALLAIN, K. **Extraction of Chlorophyll using Dimethylsulfoxide and Acetone**. Worcester polytechnic institute, 23 p. 2007.
- ALEXANDER, C.; McDONALD, C. Urban Forests: The Value of Trees in the City of Toronto. Toronto: **TD Economics**, 2014.
- ALLISON, R. B.; WANG, X. Chapter 7: **Nondestructive Testing in the Urban Forest**. USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, General Technical Report, FPL-GTR-238, 2015; p. 77-86. 2015.
- ALMEIDA, D. N. **Análise da arborização urbana de cinco cidades da região norte do Estado de Mato Grosso**. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso, Mato Grosso, 2009.
- ALVES, P. L. **Capacidade de interceptação pelas árvores e suas influências no escoamento superficial urbano**, 110 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2015.
- AMARANTE, C. V. T.; ZANARDI, O. Z.; MIQUELOTO, A.; STEFFENS, C. A.; ERHART, J.; ALMEIDA, J. A. Quantificação da área e do teor de clorofilas em folhas de plantas jovens de videira ‘Cabernet Sauvignon’ mediante métodos não destrutivos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 5, p. 680-686, 2009.
- ARANTES, A. M.; DONATO, S. L. R.; SIQUEIRA, D. L.; AMORIM, E. P.; RODRIGUES FILHO, V. A. Chlorophyll index for real-time prediction of nutritional status of ‘Prata’ banana. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.20, n.2, p.99–106, 2016.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter to predict nitrogen fertilization in maize. **Ciência Rural**, v. 34, n. 5, p. 1379-1387, 2004.
- BACKES, C.; BOAS, R. L. V.; LIMA, C. P.; GODOY, L. J. V.; BULL, L. T.; SANTOS, A. J. M. Estado nutricional em nitrogênio da grama esmeralda avaliado por meio do teor foliar, clorofilômetro e imagem digital, em área adubada com lodo de esgoto. **Bragantia**, v. 69, n.3, p.661-668, 2010.
- BADIRU, A. I.; PIRES, M. A.; RODRIGUEZ, A. M. Método para classificação tipológica da floresta urbana visando o planejamento e a gestão de cidades. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2005. p. 1427 – 1433.

BARNES, J. D.; BALAGUER, L.; MANRIQUE, E.; ELVIRA, S.; DAVISON, A.W.A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. **Environ. and Experim. Botany**, v. 32, n. 2, p. 85-100, 1992.

BATTIE-LACLAU, P.; LACLAU, J. P.; PICCOLO, M. C.; ARENQUE, B. C.; BERI, C.; MIETTON, L.; MUNIZ, M. R. A. JORDAN-MEILLE, L.; BUCKERIDGE, M. S.; NOUVELLON, Y.; RANGER, J.; BOUILLET, J. P. Influence of potassium and sodium nutrition on leaf area components in Eucalyptus Grandis trees. **Plant and Soil**, v. 371, n. 1, p. 19-35, 2013.

BELLOTE, A. F. J.; NEVES, E. J. M. **Calagem e fertilização em espécies florestais plantadas na propriedade rural**. Colombo, PR: Embrapa, Florestas. 6 p. (Circular Técnica 54). 2001.

BERTOLINI, Í.C.; KREFTA, S.M.; PEREIRA, P.H.; SALLA, V.P.; BRUN, E.J. Crescimento inicial em altura de 16 espécies florestais nativas plantadas na região Sudoeste do Paraná. In: IV CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4, 2012, Curitiba, **Anais...** Curitiba, 2012, p.1-8.

BIONDI, D. **Caracterização do estado nutricional de *Acer negundo* L. e *Tabebuia chryso-tricha* (Mart. ex DC.) Standl. utilizadas na arborização urbana de Curitiba-PR**. 160f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1995.

BIONDI, D; REISSMANN, C. B. Avaliação do vigor das árvores urbanas através de parâmetros quantitativos. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, n.52, p. 17-29, 1997.

BIONDI, D; REISSMAN, C, B. Influência das condições ambientais nas relações básicas N:P:K das folhas de árvores urbanas. **Revista Cerne**, Lavras, v.6, n.1, p. 77-82, 2000.

BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de Rua de Curitiba** - Cultivo e Manejo. Curitiba: FUPEF - Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2005. 179p.

BIONDI, D. **Floresta Urbana**. 1. ed. Curitiba: Daniela Biondi, 2015. v. 1. 202 p.

BOBROWSKI, R. **Estrutura e dinâmica da arborização de ruas de Curitiba, Paraná, no período 1984-2010**. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Distribuição e dinâmica da área de copa na arborização de ruas de Curitiba, Paraná, Brasil, no período de 1984-2010. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p. 625-635, 2012.

BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Gestão da Arborização de Ruas: estudo de caso na cidade de Curitiba – PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.9, n.4, p 132- 17 150, 2014.

BOBROWSKI, R. A floresta urbana e a arborização urbana. In: BIONDI, D. **Floresta Urbana**. 1. ed. Curitiba. v. 1. cap. 4, p. 81-108, 2015.

BOBROWSKI, R.; BIONDI, D. Percepção e preferência popular por atributos estéticos e ecológicos na composição da arborização de ruas. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 46, n. 1, p. 123 – 133, 2016.

BRANCO, C.C.Z.; EMED, R.G.; BRANCO, L.H.Z.; NECCHI, O. Jr. Macroalgas de riachos da Floresta Nacional de Irati, estado do Paraná, Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v.22, n.2, p.437-451, 2008.

BRANDT, L.; LEWIS, A D.; FAHEY, R.; SCOTT, L.; Darling, D. A framework for adapting urban forests to climate change. **Environmental Science & Policy**, v. 66, p. 393–402, 2016.

BROWN, S. **Tree Health and Fertilization**. Cooperative Extension Service. ©2015 University of Alaska Fairbanks, 2015.

BRUNE, M. Urban trees under climate change. Potential impacts of dry spells and heat waves in three German regions in the 2050s. Report 24. **Climate Service Center Germany**, Hamburg, 2016.

BRUNETTI, C.; FINI, A. **Fertilization in urban landscape**. In: FERRINI, F.; VAN DEN BOSCH, C. C. K.; FINI, A. (Eds.). *Routledge Handbook of Urban Forestry*. Routledge, London and New York. p. 164-176. 2017.

CADORIN, D. A.; MELLO, N. A. Efeitos da impermeabilização dos solos sobre a arborização no município de Pato Branco-PR. **Synergismus scyentifica**. UTFPR, Pato Branco, p.1-8, 2011.

CARBONE, A. S.; COUTINHO, S. M. V; TOMERIUS, S.; PHILIPPI JUNIOR. Gestão de áreas verdes no município de São Paulo: Ganhos e limites. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 4, p. 201-220, 2015.

CERNUSAK, L. A.; WINTER, K.; TURNER, B. L. Leaf nitrogen to phosphorus ratios of tropical trees: experimental assessment of physiological and environmental controls. **New Phytologist**. V.185. p.770-779, 2010.

CERQUEIRA, L. F. F.; PIMENTEL DA SILVA, L. Proposta metodológica para redesenho de comunidades informais – construção da resiliência diante do estresse hídrico. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 1, p. 43-62, 2016.

CHAIKUL, S.; CHANGTHOM, A.; MEEKRONGPOOL, W.; THAMMACHAMRAT, S. Effect of Timing for NPK Fertilizer Application on Flowering and Yield of Longan (*Dimocarpus longan* Lour.). **International Journal of Agricultural Technology**, vol. 12, n. 7., p. 1307-1317, 2016.

CHATZITHEODOROU, I. T.; SOTIROPOULOS, T. E.; MOUHTARIDOU, G. I. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium fertilization and manure on fruit yield and fruit quality of the

peach cultivars 'Spring Time' and 'Red Haven'. **Agronomy Research**, v. 2, n. 2, p.135-143, 2004.

CLARK, J.; MATHENY, N. The research basis to pruning: A review of the literature. **Arboriculture and Urban Forestry**, v .35, n. 3, p. 110-120, 2010.

COSTA, L.; RIBEIRO, L., P; ANDRESEN, T. Metro do Porto: o crescimento e instalação de árvores no espaço urbano. **Silva Lusitana**, Lisboa, v. 21, 2013.

DMUCHOWSKI, W.; BROGOWSKI, Z.; BACZEWSKA, A. H. Evaluation of vigor and health of street trees using foliar ionic status. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 20, n. 2, p. 489-496, 2011.

ĎURÁNOVÁ, Z.; PAGANOVÁ, V. Current methods of assessment and evaluation of urban trees in Slovakia. **Plants in urban areas and landscape**, Nitra, v. 1, p. 118-121, 2014.

EMBRAPA. **Manual de Métodos e Análises de Solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2ª Edição, Rio de Janeiro, 1997.

ENLOE, H. A.; LOCKABY, B.G.; ZIPPERER, W. C, SOMERS, G. L. Urbanization effects on leaf litter decomposition, foliar nutrient dynamics and aboveground net primary productivity in the subtropics. **Urban Ecosyst**, v. 18, p. 1285–1303, 2015.

EREL, R.; DAG, A.; BEN-GAL, A.; SCHWARTZ, A.; YERMIYAHU, U. Flowering and fruit set of olive trees in response to nitrogen, phosphorus and potassium. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, 133:639-647, 2008.

EREL, R.; YERMIYAHU, U.; YASUOR, H.; CHAMUS, D. C.; SCHWARTZ, A.; BEN-GAL, A.; DAG, A. Phosphorous Nutritional Level, Carbohydrate Reserves and Flower Quality in Olives. **PLoS ONE**, v. 11, n. 12, p. 1-19, 2016.

FABBRI, A; BENELLI, C. Review article flower bud induction and differentiation in olive. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 75, n. 2, p. 131-141, 2000.

FANG, X. M.; ZHANG, X. L.; ZONG, Y. Y.; ZHANG, Y.; WAN, S. Z.; BU, W. S.; CHEN, F. S. Soil phosphorus functional fractions and tree tissue nutrient concentrations influenced by stand density in subtropical Chinese fir plantation forests. **PLoS One**, v. 12, n. 10, 2017.

FARIA, J. L. G.; MONTEIRO, E. A.; FISCH, S. T. V. Arborização de vias públicas do município de Jacareí- -SP. **Revista da sociedade brasileira de arborização urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 20-33, 2007.

FARQUHAR, G. D.; BUCKLEY, T. N.; MILLER, J. M. Optimal stomatal control in relation to leaf area and nitrogen content. **Silva Fennica**. v. 36, n. 3, p. 625–637, 2002.

FERRINI, F.; BAIETTO, M. Response to fertilization of different tree species in the urban environment. **Arboriculture & Urban Forestry**, v. 32, n. 3, p. 93–99, 2006.

FERRONATO, M. Z., **Comparação de duas metodologias de hierarquização e avaliação de atrativos turísticos urbanos no município de Irati-PR**, 82 f. Monografia (Graduação em Turismo), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2009.

GOATLEY JUNIOR, M.; HENSLER, K. **Urban Nutrient Management Handbook**. Virginia Cooperative Extension. 2011. Disponível em: http://pubs.ext.vt.edu/430/430-350/430-350_pdf.pdf. Acesso em 15 set. 2017.

HARRIS, R. W; CLARK, J. R.; MATHENY, N. P. **Arboriculture: integrated management of landscap trees, shrubs, and vines**. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999, 674p.

HASHEMABADI, D.; ZAREDOST, F.; ZIYABARI, M. B.; ZARCHINI, M.; KAVIANI, B.; SOLIMANDARABI, M. J.; TORKASHVAND, A. M.; ZARCHINI, S. Influence of phosphate bio-fertilizer on quantity and quality features of marigold (*Tagetes erecta* L.). **Australian journal of crop science**, v. 6, n. 6, p.1101-1109, 2012.

HÉBERT, F.; KRAUSE, C.; PLOURDE, P. Y.; ACHIM, A.; PRÉGENT, G.; MÉNÉTRIER, L. Effect of Tree Spacing on Tree Level Volume Growth, Morphology, and Wood Properties in a 25-Year-Old *Pinus banksiana* Plantation in the Boreal Forest of Quebec. **Forests**, v. 7, n. 276, p. 1-16, 2016.

HEUSINKVELT, B. **Studying the Effect of Urbanization on Tree Growth Surrounding Streams in Lincoln, Nebraska**, 182 f. Monografia (Graduação em Ciências), University of Nebraska, Lincoln, 2016.

HOBBIE, S. E.; BAKER, L. A.; BUYARSKI, C.; NIDZGORSKI, D.; FINLAY, J. C. Decomposition of tree leaf litter on pavement: implications for urban water quality. **Urban Ecosyst**, v. 17, p. 369–385, 2014.

HODGE, S.J.; BOSWELL, R. A study of the relationship between site conditions and urban tree growth. **Journal of arboriculture**, v.19, n.6, p.358-366, 1993.

HOKMALIPOUR, S.; DARBANDI, M. H. Effects of Nitrogen Fertilizer on Chlorophyll Content and Other Leaf Indicate in Three Cultivars of Maize (*Zea mays* L.). **World Applied Sciences Journal**, v. 15, n. 12, p. 1780-1785, 2011.

IAPAR - INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. 2017. **Clima**. Disponível em: <http://www.iapar.br>. Acesso em: 25 jul. 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2016. Disponível em: https://ww2.ibge.gov.br/apps/arranjos_populacionais/2015/pdf/publicacao.pdf. Acesso em: 09 out 2017.

INGHAM, S. C.; FANSLAU, M. A.; ENGEL, R. A.; BREUER, J. R.; BREUER, J. E.; WRIGHT, T. H.; REITH-ROZELLE, J. K.; ZHU, J. Evaluation of Fertilization-to-Planting and Fertilization-to-Harvest Intervals for Safe Use of Noncomposted Bovine Manure in Wisconsin Vegetable Production, **Journal of Food Protection**, v. 68, n. 6, pp. 1134–1142, 2005.

INOUE, M. T.; REISSMANN, C. B. Efeitos da poluição na fotossíntese, dimensões da folha, deposição de particulados e conteúdo de ferro e cobre em alfeneiro (*Ligustrum lucidum*) da arborização de Curitiba, PR. **Revista Floresta**, v. 21, n. 12, p. 3-11, 1993.

INOUE, M. T. Teor de clorofila de seis espécies arbóreas sob influência da poeira de cimento. **Floresta**, v. 40, n. 2, p. 457- 464, 2010.

IQBAL, M. Z.; SHAFIQ, M.; ZAIDI, S. Q.; ATHAR, M. Effects of automobile pollution on chlorophyll contents in plants. **Global Journal of Environmental and Science and Management**, v. 1, n. 4, p. 283-296, 2015.

JOHNSTONE, D.; MOORE, G.; TAUSZ, M.; NICOLAS, M. The measurement of plant vitality in landscape trees. *Arboricultural Journal*, v. 35, n. 1, p. 18-37, 2013.

JONARD, M.; ANDRÉ, F.; GIOT, P.; WEISSEN, F.; VAN DER PERRE, R.; PONETTE, Q. Thirteen-year monitoring of liming and PK fertilization effects on tree vitality in Norway spruce and European beech stands. **European Journal of Forest Research**, v. 129, n. 6, p. 1203– 1211, 2010.

KARCHER, D. E., RICHARDSON, M. D. Quantifying turfgrass color using digital image analysis. **Crop Science**, v. 43, p. 943-951, 2003.

KENNEY, W. A.; VAN WASSENAER, P. J. E.; SATEL, A. L. Criteria and indicators for strategic urban forest planning and management. **Arboriculture & Urban Forestry**, Champaign, v. 17, n. 3, p. 108-117, 2011.

KIM, C.; JEONG, J.; PARK, J. H.; MA, H. S. Growth and nutrient status of foliage as affected by tree species and fertilization in a fire-disturbed urban forest. **Forests**, v. 6, p. 2199-2213, 2015.

KITAJIMA, K.; HOGAN, K. P. Increases of chlorophyll a/b ratios during acclimation of tropical woody seedlings to nitrogen limitation and high light. **Plant, Cell and Environment**, v. 26, n. 6, p. 857-865, 2003.

KNOX, G.; KIDDER, G.; GILMAN, E.F.; TRENHOLM, L.E.; BLACK, R.; WICHMAN, T.; PALMER, D.; ZERBA, R.; WHITE, C.; HUNSBERGER, A.; ISRAEL, G.; CISAR, J. **Fertilizer recommendations for landscape plants**. University of Florida. IFAS Extension, 2002.

KNOX, G. W.; GILMAN, E. F. **Crapemyrtle Pruning**. University of Florida. IFAS Extension, 2015.

KOTHENCZ, J.; BRUNNER, B.; BLASCHKE, T. Subjective evaluations of urban parks and objective spatial indices. **Agile**, p. 9-12, 2015.

KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia das Árvores**. Lisboa. Fundação Calouste Gulbenkian, 1960. 745p.

KUO, Y. J. Effects of fertilizer type on chlorophyll content and plant biomass in common Bermuda grass. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 42, p. 3997-4000, 2015.

LAGOA, M. H. B. **O Parque da Água Branca: o manejo sustentável de uma floresta urbana**. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: RIMA Artes e Textos, 2004. 531 p.

LEAL, L. BUJOKAS, W. M.; BIONDI, D. Análise da infestação de erva-de-passarinho na arborização de ruas de Curitiba-PR. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 3, p.323-330, 2006.

LEHMANN, A. **Evaluation and importance of soil functions in cities considering infiltration and climatic regulation**. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 1–6 August 2010, Brisbane, Australia, p. 53–56, 2010.

LI, X. Distribution of the heavy metal in urban soils. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, v. 6, n. 6, p.2260-2263, 2014.

LIMA, V.; AMORIM, M. C. C. T. A importância das áreas verdes para a qualidade ambiental das cidades. **Revista Formação**, n.13, p. 139 -165, 2006.

LIMA, R.L.S.; SEVERINO, L.S.; CAZETTA, J.O.; AZEVEDO, C.A.V.; SOFIATTI, V.; ARRIEL, N.H.C. Posição da folha e estágio fenológico do ramo para análise foliar do pinhão-mansão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**; v. 15, p. 1068-1072, 2011.

LIMA, C. P.; BACKES, C.; FERNANDES, D. M.; SANTOS, A. J. M.; GODOY, L. G.; VILLAS BOAS, R. L. Uso de índices de reflectância das folhas para avaliar o nível de nitrogênio em grama-bermuda. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1-7, 2012.

LOCASTRO, J. K.; MIOTTO, J. L.; DE ANGELIS, B. L. D.; CAXAMBU, M. G. Avaliação do uso sustentável da arborização urbana no município de Cafeara, Paraná. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 549, 2017.

LOGSDON, S. D.; SAUER, P. Improved or unimproved urban areas effect on soil and water quality. **Water**, v. 9, n. 4, p. 247-253, 2017.

LOPES, N. F; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da Produção**. Viçosa: UFV – Universidade Federal de Viçosa, 2015. 492p, MG: UFV, 2015.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Ed. Plantarum, 368 p., 2003.

MAGALHÃES, L. M. S. Arborização e Florestas Urbanas: Terminologia Adotada para a Cobertura Arbórea das Cidades Brasileiras. **Série Técnica Floresta e Ambiente**.

Departamento de Ciências Ambientais, Instituto de Florestas, UFRRJ, Seropédica, RJ. p.23-26, 2006.

MAHMOUD, T. Sh. M.; MOHAMED, E. Sh. A.; EL-SHARONY, T. F. Influence of Foliar Application with Potassium and Magnesium on Growth, Yield and Oil Quality of "Koroneiki" Olive Trees. **American Journal of Food Technology**, v. 12, n. 3, p. 209-220, 2017.

MAINARDI, J. C. C. T.; BELLÉ, R. A.; MAINARDI, L. Produção de crisântemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) 'Snowdon' em vaso: ciclo da cultivar, comprimento, largura e área foliar. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p. 1709-1714, 2004.

MALEK, B. K.; MUSTAPHA, S. Response of Arbequina olive tree to reasonable fertilization. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 19, p. 3911-3920, 2013.

MANCUSO, M.A.; FLORES, B.A.; ROSA, G.M.; SCHOEDER, J.K.; PRETTO, P.R.P. Características da taxa de infiltração e densidade de solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana. **REMOA - Revista Monografias Ambientais**. Santa Maria, v.14 n.1, p. 2890-2998, 2015.

MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, R. B.; BAYONA, J. A.; VENEGAS, V. H. A.; SANZ, M. Coffee-tree floral analysis as a mean of nutritional diagnosis. **Journal of Plant Nutrition**, v. 26, n. 7, p. 1467–1482, 2003.

MARTINI, A.; BIONDI, D. Microclima e conforto térmico de um fragmento de floresta urbana em Curitiba, PR. **FLORAM - Revista Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, RJ, v. 22, p. 182-193, 2015.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; LIMA NETO, E. M. de. **Microclima e conforto térmico de um fragmento florestal na cidade de Curitiba - PR**, 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

MARTINS, L. F. V.; ANDRADE, H. H. B. de; ANGELIS, B. L. D. de; Relação entre podas e aspectos fitossanitários em árvores urbanas na cidade de Luiziana, Paraná. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.5, n.4, p.141-155, 2010.

MATHENY, N.; CLARK, J. Tree risk assessment: What We Know (and What We Don't Know). **Arborist News**, p. 28-33, 2009.

MATSUMOTO, T. K.; NAGAO, M. A.; MACKKEY, B. Off-season Flower Induction of Longan with Potassium Chlorate, Sodium Chlorite, and Sodium Hypochlorite. **HortTechnology**, v. 17, n. 3, p. 296-300, 2007.

MAYER, C. L. D. **Análise de conflitos da arborização de vias públicas utilizando sistemas de informações geográficas: caso Irati, Paraná**. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2012.

MAZZAROTTO, A. S.; CUBAS, S.; MARANHO, L. T. Florestas urbanas: método de avaliação para gestão das áreas verdes. **Revista Floresta**, v. 41, n. 3, p. 501-518, 2011.

McGRANE, S. J. Impacts of urbanisation on hydrological and water quality dynamics, and urban water management: A review, **Hydrological Sciences**, v. 61, n. 13, p. 2295-2311, 2016.

MCPHERSON, E. G.; MACO, S. E.; SIMPSON, J. R.; PEPER, P. J.; XIAO, Q.; VAN DER ZANDEN, A. M.; BELL, N. **Western Washington and Oregon Community Tree Guide: Benefits, Costs, and Strategic Planting**. International Society of Arboriculture, Pacific Northwest Chapter, 2002.

MCPHERSON, E. G.; BERRY, A. M.; VAN DOORN, N. S. Performance testing to identify climate-ready trees. **Urban Forestry & Urban Greening**, v.29, n.1, p.28-39, 2018.

MENDONÇA, V.; MEDEIROS, L. F. **Importância da fruticultura poda das árvores frutíferas propagação das plantas frutíferas**. Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) Mossoró-RN, 2011.

MOREIRA, A.; MOTTA, A. C. V.; COSTA, A.; MUNIZ, A. S.; CASSOL, L. C.; ZANÃO JÚNIOR, L. A.; BATISTA, M. A.; MÜLLER, M. M. L.; HAGER, N.; PAULETTI, V. (Ed.). **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Estadual do Paraná, 2017. 482p.

MOKOCHINSKI, F. M. **Variação estacional do teor de clorofila em mudas de espécies florestais sob diferentes condições de luminosidade**. 32f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2011.

MOORE, L. M.; WILSON, J. D. W. **Plant guide: crape myrtle**. USDA NRCS National Plant Data Center, Baton Rouge, Louisiana, 2003.

MUNEROLI, C. C., MASCARÓ, J. J. Arborização Urbana: Uso de Espécies Arbóreas Nativas na Captura do Carbono Atmosférico. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba – SP, v.5, n.1, p.160-182, 2010.

NACHTIGALL, G.R., BASSO, C., FREIRE, C. J. S., Nutrição e adubação de pomares. **Frutas do Brasil**. 15 p. 2004.

NEILSEN, G. H.; HOGUE, E. J.; PARCHOMCHUK, P. Flowering of apple trees in the second year is increased by firstyear P fertilization. **HortScience**, v. 25, n. 10, p. 1247-1250, 1990.

NIKULA, S.; VAPAAVUORI, E.; MANNINEN, S. Urbanization-related changes in European aspen (*Populus tremula* L.): leaf traits and litter decomposition. **Environmental Pollution**, v. 158, p. 2132–2142, 2010.

NOWAK, D. J.; CRANE, D. E.; STEVENS, J. C. Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. **Urban Forestry & Urban Greening**, n. 4, n. 1, p. 115–123, 2006.

NOWAK, D. J., STEIN, S.M., RANDLER, P. B., GREENFIELD, E. J., COMAS, S. J., CARR, M. A., ALIG, R. J. **Sustaining America's Urban Trees and Forests: a Forests on the Edge Report**. General Technical Report NRS-62. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, Newtown Square, Pennsylvania, 27 p. 2010.

NOWAK, D. J.; HOEHN, R. E. III; BODINE, A. R.; CRANE, D. E.; DWYER, J. F.; BONNEWELL, V; WATSON, G. **Urban trees and forests of the Chicago region**. Resour. Bull. NRS-84. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 106 p. 2013.

NURUZZAMAN, M. D. Urban heat island: Causes, effects and mitigation measures – A review. **International Journal of Environmental Monitoring and Analysis**. Bangladesh, vol. 3, n. 2, p. 67–73, 2015.

NYAMSI, W. W.; ESPINAR, B.; BLANC, P.; WALD, L. Estimating the photosynthetically active radiation under clear skies by means of a new approach. **Advances in Science Research**, v. 12, n. 1, p. 5-10, 2015.

OLEYNIK, J.; BRAGAGNOLO, N.; BUBLITZ, U.; SILVA, J. C. C. **Análises do solo: tabelas para transformação de resultados analíticos e interpretação de resultados**. 3ª ed., Curitiba: EMATER, 2004.

PASSOS, F. A.; TRANI, P. E. **Calagem e adubação do morangueiro**. Campinas, SP: IAC. 2013. Disponível em: < http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/89.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2015.

PARREIRAS, N. S.; **Nitrogênio e fósforo no crescimento, nutrição, produção de óleo essencial e anatomia foliar de *Lippia origanoides***, 53 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2014.

PARTEKA, S. **O posicionamento dos frequentadores do Parque Aquático de Exposições Santa Terezinha frente a sua utilização e infra-estrutura**. 52 f. Monografia (Graduação em Turismo), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2016.

PEDRON, F. de A.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C. et al. Solos Urbanos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, 1647-1653, 2004.

PÉLLICO NETTO, S.; BRENA, D. A. **Inventário florestal**. Curitiba, 1997. 316 p.

PETROVA, S.; YURUKOVA, L.; VELCHEVA, I. Assessment of the urban trees health status on the base of nutrient and pigment content in their leaves. **Journal of BioScience and Biotechnology**, v. 3, n. 1, p. 69-77, 2014.

PIVETTA, K. F. L; SILVA FILHO, D. F. **Arborização Urbana**. Boletim Acadêmico Série Arborização Urbana, UNESP /FCAV /FUNEP Jaboticabal, SP – 2002.

POUYAT, R.V.; SZLAVECZ, K.; YESILONIS, I.; GROFFMAN, P. M.; SCHWARZ, K. **Chemical, physical, and biological characteristics of urban soils**. Agronomy Monograph 55, p. 119–152, 2010.

PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE IRATI, **Prefeitura Municipal de Irati**. 2010. Disponível em: <http://www.irati.pr.gov.br/uploads/pagina/arquivos/PDM-IRATI-VOLUME-1-DEFINITIVO.pdf> Acesso em: 13 set. 2016.

QI, Y.; FAVORITE, J.; CHIN, K. L.; XIAO, Y. **Physiological, anatomical, and ecological characteristics of southern live oak**. Forest Service, 2006.

RAHMAN, M. A. **Effects of Species and Rooting Conditions on the Growth and Cooling Performance of Urban Trees**. 243 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Universidade de Manchester, Manchester, 2013.

REICHERT, B. L.; JEAN-PHILIPPE, S. R.; OSWALT, C., FRANKLIN, J.; RADOSEVICH, M. Woody Vegetation and Soil Characteristics of Residential Forest Patches and Open Spaces along an Urban-to-Rural Gradient. **Open Journal of Forestry**, v. 5, n. 1, p. 90-104, 2015.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E.; CURI, N. Mineral nutrition and fertilization of native tree species in Brazil: research progress and suggestions for management. **Journal of Sustainable Forestr**, v. 20, n. 2, p. 45-81, 2005.

RESENDE, O. M. de. **Arborização Urbana** 28 f. Monografia (Graduação em Geografia e Meio Ambiente), Universidade Presidente Antônio Carlos - UNIPAC, Barbacena, 2011.

RHEZALI, A. **Evaluation of Dark Green Color Index Technology as a Method of Real-time In-season Maize Nitrogen Measurement and Fertilization**. 109 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – University of Arkansas, Fayetteville, 2016.

ROCHA, J. H. T.; BACKES, C.; BORELLI, K.; PRIETO, M. R.; SANTOS, A. J. M.; GODINHO, T. O. Concentração de nutrientes e intensidade de cor verde em miniestacas de eucalipto. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 29, n. 6, p. 1848-1856, 2013.

RODRIGUES, W. N.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A.; MENDONÇA, R. F.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. **Produtividade de plantas de café conilon de diferentes níveis de vigor vegetativo e severidade da ferrugem**. In: XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica; XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação; V Encontro Latino Americano de Iniciação Científica Júnior, 2011, São José dos Campos. Anais de Trabalhos Completos. São José dos Campos: UNIVAP. p. 1-5, 2011.

ROY, S.; BYRNE, J.; PICKERING, C. A systematic quantitative review of urban tree benefits, costs, and evaluation methods across cities in different climatic zones. **Urban Forest and Urban Greening**, v.11, n. 4, p. 351-363, 2012.

ROSSETTI, A. I. N.; PELLEGRINO, P. R. M.; TAVARES, A. R. As árvores e suas interfaces no ambiente urbano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 1, p. 1-24, 2010.

SANTIN, D.; BENEDETTI, E. L.; BARROS, N. F.; ALMEIDA, I. C.; LEAL, G. P.; FONTES, L.; NEVES, J. C. L.; WENDLING, I.; REISSMANN, C. B. Effect of potassium fertilization on yield and nutrition of yerba mate (*Ilex paraguariensis*). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1469-1477, 2014.

SANTOS, R. P.; FERREIRA, A. C. C.; IAREMA, L.; KUKI, N. K.; CAMPOS, W. O. Protocolo para extração de pigmentos foliares em porta-enxertos de videira micropropagados. **Revista Ceres**, v. 55, n. 4, p. 356-364, 2008.

SCHALLENBERGER, L. S.; ARAUJO, A. J.; ARAUJO, M. N.; DEINER, L. J.; MACHADO, G. O. Avaliação da condição de árvores urbanas nos principais parques e praças do município de Irati-PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v.5, n.2, p.105-123, 2010.

SCHUCH, M. I. S. **Arborização Urbana: uma contribuição à qualidade de vida com o uso de geotecnologias**. 102f. Dissertação (Mestrado em Geomática) – Setor de Geomática, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2006.

SHIBGHATALLAH, M. A. H.; KHOTIMAH, S. N.; SUHANDONO, S.; VIRIDI, S.; KESUMA, T. Measuring Leaf Chlorophyll Concentration from Its Color: A Way in Monitoring Environment Change to Plantations. **AIP Conference Proceedings**, v. 1554, n. 1, 210-213, 2013.

SILVA, L. M. Reflexões sobre a identidade arbórea das cidades. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 3, n. 3, p. 65-71, 2008.

SILVA, L. F.; LIMA, A. M. L. P.; SILVA FILHO, D. M.; COUTO, H. T. Z. Interceptação da chuva por duas espécies arbóreas em áreas verdes urbanas. **Revista Cerne**, v.16, n.4, p.547-555, 2010.

SILVA, D.R.G.; LOPES, A.S. **Princípios básicos para formulação e mistura de fertilizantes**. Departamento de Ciência do Solo. Universidade Federal de Lavras, 26 p. 2011.

SILVA, J.; GUEDES, I. M. R.; LIMA, C. E. P. **Calagem**. 2011. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/tomate/arvore/CONT000gn0jymr102wx5ok0liq1mqkfb2l9d.html>. Acesso em 07 dez. 2017.

SILVA, A. P. **Variação sazonal do teor de clorofila em *Platanus x acerifolia* (Aiton) Willd.** 29 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal), Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2015.

SINGH, H. S. Tree density and canopy cover in the urban areas in Gujarat, India. **Current Science**, v. 104, n. 10, p. 1294-1299, 2013.

SOMME, L.; MOQUET, L.; QUINET, M.; VANDERPLANCK, M.; MICHEZ, D.; LOGNAY, L.; JACQUEMART, A. L. Food in a row: urban trees offer valuable floral resources to pollinating insects. **Urban ecosystems**, v. 19, n. 3, p. 1149-1161, 2016.

- SOUZA, A. L. et al. Diagnóstico quantitativo e qualitativo da arborização das praças de Aracaju, SE. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 1253-1263, 2011.
- SOUZA, M. A.; MESQUITA, A. C.; SIMÕES, W. L.; FERREIRA, K. M.; ARAUJO, E. F. J. Physiological and biochemical characterization of mango tree with paclobutrazol application via irrigation. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 4, p. 442-449, 2016.
- SUN, Y.; ZHAO, S. Leaf litter decomposition in urban forests: test of the home-field advantage hypothesis. **Annals of Forest Science**, v. 73, p. 1063-1072, 2016.
- SWOCZYNA, T.; BOROWSKI, J.; PIETKIEWICZ, S.; KALAJI, H. M. Growth and physiological performance of young urban trees of eight taxa in Warsaw. **Plants in Urban Areas and Landscape**, v.1, n.1, p.15-19, 2014.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre, RS: Artmed, 2004. 719 p.
- TIAN, D.; LI, P.; FANG, W.; XU, J.; LUO, Y.; YAN, Z.; ZHU, B.; WANG, J.; XU, X.; FANG, J. Growth responses of trees and understory plants to nitrogen fertilization in a subtropical forest in China. **Biogeosciences**, v. 14, n. 1, p. 3461–3469, 2017.
- TROXEL, B. MAX, P. B.; MARK, S. A.; COLLEEN, M. D. Relationships between bole and crown size for young urban trees in the northeastern USA. **Urban Forestry and Urban Greening** 12: 144-153, 2013.
- URBAN, J. **Up By Roots**, Healthy Soils and Trees in the Built Environment. International Society of Arboriculture, Champaign, IL, 2008.
- VALÉRIO, A. F. et al. Análise da composição florística e da estrutura horizontal de uma Floresta Ombrófila Mista Montana, Município de Irati, PR, Brasil. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v.6, n.2, p.137-147, 2008.
- VELOSO, J. N. Inventário da arborização urbana das principais avenidas do município de Rorainópolis, Roraima. **Boletim do Museu Integrado de Roraima**, v.10, n.2, p.28-40, 2016.
- VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S.; SCARAMUZZA, J. F. Saturação por bases e doses de P no crescimento e nutrição de mudas de cerejeira (*Amburana acreana* Ducke). **Revista Nativa**, v. 3, n. 1, p. 1-9, 2015.
- WATSON, G. W.; HEWITT, A. M. The Relationship Between Structural Root Depth and Vigor of Urban Trees. **Arboriculture & Urban Forestry**, v. 38, n. 1, p. 13–17, 2012.
- WOLF, K. L. Economics and Public Value of Urban Forests. **Urban Agriculture Magazine**, v13, p. 31-33, 2004.
- ZEKRI, M. OBREZA, T. **Importance of nutrients for citrus trees**. Citrus industry, University of Florida-IFAS. 3 p. 2012.

ZHANG, H.; ZHONG, H.; WANG, J.; SUI, X.; XU, N. Adaptive changes in chlorophyll content and photosynthetic features to low light in *Physocarpus amurensis* Maxim and *Physocarpus opulifolius* “Diabolo”. **PeerJ**, n.4, 2016.

ZHENG, B. **Accounting for preferences and attitudes to urban trees and residential landscapes**, 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Auburn, Auburn, 2009.

ZHENG, B. X.; HAO, X. L.; DING, K.; ZHOU, G. W.; CHEN, Q. L.; ZHANG, J. B.; ZHU, Y. G. Long-term nitrogen fertilization decreased the abundance of inorganic phosphate solubilizing bacteria in an alkaline soil. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2017.

ANEXOS

ANEXO 1- Laudo referente à análise de solo das unidades amostrais.

Unidade Amostral	pH	cmolc/dm ³						g/dm ³	mg/dm ³	g/100g				cmolc/dm ³	
	CaCl ₂	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ + Al ³⁺	MO	P	V%	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	CTC
A	4,48	0,26	4,88	1,96	6,84	0,68	6,69	41,54	5,89	51,49	16,75	8,5	40,75	34,0	13,79
B1	4,28	0,16	2,7	1,62	4,32	1,4	7,93	34,17	2,17	36,10	4,75	11,15	28,1	56,0	12,41
B2	4,27	0,16	2,69	1,57	4,26	1,57	8,48	30,15	1,55	34,26	4,9	8,25	28,85	58,0	12,90
B3	4,48	0,22	3,72	1,94	5,66	1,07	8,3	40,2	2,09	41,47	8,05	10,27	26,28	55,4	14,18
C	5,37	0,67	6,84	2,59	9,43	0,08	4,15	26,13	4,73	70,88	8,6	6,45	34,35	50,6	14,25
D	4,61	0,46	4,71	2,88	7,62	1,23	8,61	30,15	2,95	48,32	9,2	4,32	38,88	47,6	16,66
E	4,46	0,42	4,91	3,82	8,73	1,29	7,64	31,49	4,88	54,50	11,85	7,14	31,41	49,6	16,79
F	4,35	0,42	3,9	2,91	6,81	1,36	7,7	26,13	4,5	48,43	18,76	4,5	28,74	48,0	14,93