

UFRRJ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU* ESPECIALIZAÇÃO EM
ARBORIZAÇÃO URBANA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

UTILIZAÇÃO DO CLOROFILÔMETRO NA ARBORIZAÇÃO URBANA COMO
FERRAMENTA AUXILIAR NA AVALIAÇÃO DE RISCO

CARLO CORABI



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO PRÓ-REITORIA
DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU* ESPECIALIZAÇÃO EM
ARBORIZAÇÃO URBANA**

**UTILIZAÇÃO DO CLOROFILÔMETRO NA ARBORIZAÇÃO URBANA COMO
FERRAMENTA AUXILIAR NA AVALIAÇÃO DE RISCO**

CARLO CORABI

**Sob a orientação do professor
Dr. Eduardo Vinicius da Silva**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido como requisito final para
obtenção do título de Especialista em
Arborização Urbana, no Curso de Pós-
graduação *Lato Sensu* Especialização em
Arborização Urbana, na Linha de
Pesquisa em Silvicultura Urbana.

Seropédica, RJ.
Abril de 2023

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

CC787u
u Corabi, Carlo, 1961-
Utilização do clorofilômetro na arborização urbana
como ferramenta auxiliar na avaliação de risco / Carlo
Corabi. - São Paulo, 2023.
39 f.: il.

Orientador: Eduardo Vinicius da Silva. Trabalho
de conclusão de curso (Graduação). -- Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro, Pós Graduação Lato
Sensu em Arborização Urbana, 2023.

1. Arboricultura. 2. Análise de Risco. 3.
Clorofila. 4. Nutrição. 5. Vitalidade. I. Vinicius da
Silva, Eduardo, 1981-, orient. II Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro. Pós Graduação Lato
Sensu em Arborização Urbana III. Título.



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**



DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS Nº 750 / 2023 - DeptSil (12.28.01.00.00.00.31)

Nº do Protocolo: 23083.021153/2023-18

Seropédica-RJ, 07 de abril de 2023.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARBORIZAÇÃO URBANA (*Lato sensu*)**

Termo de aprovação da defesa de Monografia de CARLO CORABI

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Arborização Urbana, no Curso de Pós-Graduação em Arborização Urbana (*Lato sensu*) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

MONOGRAFIA APROVADA EM 06/04/2023

(Assinado digitalmente em 07/04/2023 17:54)

EDUARDO VINICIUS DA SILVA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptSil (12.28.01.00.00.00.00.31)
Matrícula: 1917684

(Assinado digitalmente em 07/04/2023 18:58)

JOSE CARLOS ARTHUR JUNIOR
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptSil (12.28.01.00.00.00.00.31)
Matrícula: 2270076

(Assinado digitalmente em 09/04/2023 10:25)

FLAVIO PEREIRA TELLES
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 747.344.827-72

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrj.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: **750**, ano: **2023**, tipo: **DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS**, data de emissão: **07/04/2023** e o código de verificação: **3bbdb5f52c**

“Encontrarás mais junto às florestas do que aos saberes.
As árvores e as pedras ensinar-te-ão coisas que nenhum homem poderá dizer-te.”

Bernardo de Claraval (1090-1153)

À minha querida filha Giovanna, presente divino, gratidão eterna
pelo amor incondicional que me fez despertar;

Aos meus pais, João Zerillo e Arlette (*in memorian*), cujos passamentos
se deram no decorrer do presente curso, pela dádiva da existência e acesso ao saber;

Ao meu avô João (*in memorian*), quem primeiro me acendeu o gosto pelo conhecimento, dando
início ao que viria a se transformar num entusiasmo (do grego *in + theos*);

Ao amigo, desde sempre, J. Krishnamurti (1985-1986), educador em essência, que me sugeriu
perceber-me, como nas palavras de F. Pessoa,
“ser um navegador no desconhecimento de mim.”

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Aos professores da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e entidades colaboradoras que participaram direta ou indiretamente do Curso de Pós-Graduação em Arborização Urbana, promovido por esta entidade, destacando-se a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, nossa querida “SBAU”, pela oportunidade de estudo e aprofundamento neste vasto campo dentro da ciência da arboricultura;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Vinícius de Souza, pelo apoio técnico e amizade; e a todos os demais docentes que souberam transmitir com maestria seus conhecimentos acadêmicos ao longo do curso, de um modo profissional, alegre e fraterno;

Ao Prof. Dr. João Paulo Latorraca, Coordenador do 1º. Curso de Pós-Graduação em Arborização Urbana – PGAU/UFRRJ, promovido em parceria com a Sociedade Brasileira de Arborização Urbana – SBAU, pelo exemplo de dedicação incansável e perfeccionismo na condução e organização do curso;

Ao Prof. Mestre Engenheiro Florestal Flávio Pereira da Silva Telles, amigo de longa data, grande referência na arboricultura nacional, com quem além das aulas ministradas, tive a oportunidade de compartilhar bons e inesquecíveis momentos durante a graduação;

Aos amigos-colegas arboristas, da Primeira Turma de Especialização em Arborização Urbana PGAU/UFRRJ, com os quais passamos bons momentos de amizade, convívio, estudos e trabalhos conjuntos no decorrer do curso, e os quais tive sempre o prazer de repartir minha paixão e respeito pelas nossas irmãs-árvores;

E, finalmente, a todos aqueles, conhecidos ou desconhecidos, que tiveram, num dado momento da vida, o privilégio de descobrir a beleza das árvores *per se*, tornando-se, ainda que sem o saber, arboristas em essência.

RESUMO

CORABI, Carlo. **UTILIZAÇÃO DO CLOROFILÔMETRO NA ARBORIZAÇÃO URBANA COMO FERRAMENTA AUXILIAR NA AVALIAÇÃO DE RISCO**. 39p. Monografia (Especialização em Arborização Urbana). Instituto de Florestas, Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

As árvores urbanas constituem infraestrutura estratégica para a manutenção de níveis satisfatórios de qualidade de vida para a população das cidades, especialmente por aumentar a resiliência das áreas urbanas em relação aos efeitos climáticos adversos. Não obstante, em que pese os valiosos benefícios ecossistêmicos proporcionados, as árvores também estão sujeitas a tombamentos provocados por causas diversas, muitas delas passíveis de serem diagnosticadas precocemente mediante uma análise de risco eficaz. Na tentativa de evitar a ocorrência de tais eventos, muitos dos quais provocando danos letais, diversas ferramentas têm sido disponibilizadas na elaboração de avaliações de risco. A utilização do clorofilômetro como método auxiliar na análise de risco, direcionada à arborização urbana, foi testada preliminarmente no presente estudo, avaliando-se as condições de vitalidade e fitossanidade de três espécies arbóreas utilizadas no paisagismo urbano: *Schinus terebinthifolia*, *Tabebuia pentaphylla* e *Cecropia pachystachya*. Os dados dos índices SPAD, teor de nitrogênio e densidade equivalente de água (*EEA – Equivalent Water Thickness*), foram obtidos a partir indivíduos em diferentes condições como: portes e idades variadas, condições de estresse, infectadas por fitopatógenos, e folhas jovens ou adultas. Os parâmetros avaliados através do aparelho mostraram correspondência com os diversos aspectos morfológicos considerados, indicando seu potencial de uso em análises de risco de rotina. O presente estudo, utilizando espécies tropicais de valor paisagístico, foi conduzido de modo exploratório, dada a ausência de dados nesse contexto na literatura nacional. Os resultados ainda que promissores, indicaram a necessidade de uma otimização da metodologia, principalmente no processo de amostragem e na adequação de métodos estatísticos.

Palavras-chave: Arboricultura, Análise de Risco, Clorofila, Nutrição vegetal, Fitossanidade, Silvicultura, Vitalidade

ABSTRACT

CORABI, C. **USE OF CHLOROPHILOMETER IN URBAN FORESTRY AS AN COMPLEMENTARY TOOL IN RISK ASSESSMENT.** 39p. Monograph (Specialization in Urban Forestry). Instituto de Florestas, Departamento de Silvicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2023.

Urban trees constitute strategic infrastructure for maintaining satisfactory levels of quality of life for the population of cities, especially by increasing the resilience of urban areas in relation to adverse climate effects. However, despite the valuable ecosystem benefits provided, trees are also subject to falling caused by various causes, many of which can be diagnosed early through an effective risk analysis. In an attempt to prevent the occurrence of such events, many of which cause lethal damage, several tools have been made available in the preparation of risk assessments. The use of the chlorophyllmeter as an auxiliary method in the risk analysis, directed to urban forestry, was tested preliminarily in the present study, evaluating the conditions of vitality and phytosanitary of three tree species used in urban landscaping: *Schinus terebinthifolia*, *Tabebuia pentaphylla* and *Cecropia pachystachya*. Data from the SPAD indices, nitrogen content and equivalent water density (EEA – Equivalent Water Thickness) were obtained from individuals in different conditions such as: different sizes and ages, stress conditions, infected by phytopathogens, and young or adult leaves. The parameters evaluated through the device showed correspondence with the different morphological aspects considered, indicating its potential use in routine risk analysis. The present study, using tropical species of landscape value, was conducted in an exploratory manner, given the lack of data in this context in the national literature. The results, although promising, indicated the need for an optimization of the methodology, mainly in the sampling process and in the adequacy of statistical methods.

Keywords: Arboriculture, Risk assessment, Silviculture, Chlorophyll, Plant nutrition, Plant vitality, Plant health.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	10
2 – OBJETIVO	11
3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1 – Métodos da avaliação de riscos	13
3.2 – Ferramentas utilizadas no diagnóstico	14
3.3 – Análises para determinação do estado nutricional	16
3.4 – O Clorofilômetro <i>SPAD TYS-4N</i>	19
4 – MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1 – DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES UTILIZADAS NO ENSAIO	23
4.1.1 – <i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi – ANACARDIACEAE	23
4.1.2 – <i>Tabebuia pentaphylla</i> (Linn.) Hemsl. – BIGNONIACEAE	24
4.1.3 – <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul – URTICACEAE	26
5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
7 – CONCLUSÕES	35
8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

UTILIZAÇÃO DO CLOROFILÔMETRO NA ARBORIZAÇÃO URBANA COMO FERRAMENTA AUXILIAR NA AVALIAÇÃO DE RISCO

1 – INTRODUÇÃO

O intenso avanço no campo da arborização urbana em nosso país, sobretudo nas principais capitais, fez com que muitos municípios desenvolvessem legislações ambientais específicas visando gerenciar o manejo arbóreo de modo a garantir uma manutenção adequada dos indivíduos já existentes, como também propiciar o aumento racional e bem planejado das áreas verdes, tanto em áreas públicas quanto privadas. Do ponto de vista preventivo, sobretudo nas regiões de maior adensamento populacional e infraestruturas civis, é fundamental uma gestão eficiente face aos potenciais riscos de acidentes decorrentes de quedas e eventos correlatos, onde frequentes danos humanos e materiais são observados, como podem ser constatados através da mídia. Entretanto, a escassez de recursos humanos e técnicos para acompanhar e dar maior subsídios a essa gestão ainda são bastante limitados, sobretudo por se tratar de um campo da ciência relativamente recente em nosso País.

Nessa perspectiva, diferentes universidades, instituições de pesquisa e entidades afins vêm se dedicando cada vez mais intensamente à estudos acadêmicos e à formação técnica qualificada para atuação no setor. No Brasil, dentre estas entidades, destaca-se a *SBAU* – Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, que reúne em seu quadro os maiores especialistas da área no País, além de promover uma forte integração dentro do setor arborista e em suas diferentes áreas específicas e vertentes práticas.

O ambiente urbano, conforme aponta MILANO & DALCIN (2000), ao contrário dos ambientes naturais apresenta artificialidades intrínsecas, como forte impermeabilização do solo, abundância de materiais altamente refletores, absorventes e transmissores de energia, excessivo consumo de energia e matéria, com correspondente geração de resíduos, poluição atmosférica, sonora e visual, além de reduzida cobertura vegetal. Tais características negativas são agravadas pelo fato de interferirem também negativamente na qualidade de vida da população residente em tais centros (MILANO, 1991).

Diante da situação atual de grande desequilíbrio ambiental, na qual as cidades, sobretudo as mais populosas, estão submetidas, os estudos relativos ao diagnóstico arbóreo têm assumido crescente importância como ferramenta de administração e condução dos planos de implementação de áreas verdes e sua respectiva manutenção e monitoramento. Nesse sentido, diversas técnicas têm sido incorporadas no setor, desde as mais simples até as mais sofisticadas como a utilização do tomógrafo, resistógrafo ou georadar, com o objetivo de garantir maior precisão no diagnóstico arbóreo. Entre estes equipamentos de análises complementares, o clorofilômetro de campo mostra-se como mais uma alternativa técnica na caracterização dos riscos originados por espécies arbóreas. Entretanto, verifica-se que a literatura técnica nacional, ainda carece de estudos mais aprofundados e direcionados especificamente ao campo da arborização urbana.

2 – OBJETIVO

Dentro do enfoque de aprimoramento e ampliação do leque de recursos técnicos disponíveis para essa finalidade, o presente trabalho visa um estudo inicial e prospectivo da utilização do clorofilômetro como ferramenta auxiliar no diagnóstico a campo do estado fisiológico e nutricional de espécies arbóreas, vegetando em condições urbanas. A partir destes dados complementares, inferências poderiam ser levantadas, conjuntamente com outros fatores incidentes, sobre o manejo mais eficiente, preciso e mais eficaz a ser adotado.

Como finalidade última e consequência direta, além de uma avaliação mais precisa da sua vitalidade, essas informações proporcionariam maior precisão no gerenciamento de risco das espécies analisadas.

Como dados auxiliares e complementares, o teor de nitrogênio e conteúdo hídrico foliar foram incorporados no presente estudo, com objetivo de verificar preliminarmente se estas variáveis podem estar sendo utilizadas conjuntamente no diagnóstico do estado das espécies analisadas.

Embora esta técnica na avaliação de risco de árvores, venha sendo utilizado com certa regularidade como ferramenta complementar em outros países, não há relatos na literatura brasileira consultada de sua aplicabilidade no campo da arborização urbana, Motivo pelo qual justificou o presente estudo.

3 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Um dos grandes entraves observados na gestão arbórea da infraestrutura verde das cidades é a dificuldade no diagnóstico de exemplares arbóreos quanto ao seu risco de queda, seja ele parcial ou total. Assim, quanto mais precisão apresentar estas avaliações, menor probabilidade de ocorrências de acidentes. No contexto destas avaliações, dois critérios são fundamentais para sistematizar os diferentes métodos para abordar a análise das árvores: o *risco* e o *perigo* (DUNSTER *et al.*, 2017).

Segundo a *International Society of Arboriculture (ISA)* o risco é expresso como sendo “a combinação entre a probabilidade de um evento ocorrer e a sua consequência” (LILLY, 2015). No que se refere as árvores especificamente, tal evento diz respeito à possibilidade de ocorrência de falhas e em decorrência impactar um ou mais alvos. Portanto, leva em conta 3 análises: a falha da árvore, o impacto do alvo, e a severidade das consequências. Já o conceito de perigo, traduz a probabilidade de uma fonte causar alguma injúria. Desse modo, para um diagnóstico de risco mais preciso este deverá incluir obrigatoriamente uma análise conjunta destes dois elementos (DUNSTER *et al.*, 2017).

No Brasil, no campo da análise de risco, a norma 16.246-3, da *ABNT* (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019) trata especificamente desse tema e serve de referência técnica para o setor da arboricultura nacional.

Paralelamente ao conceito de risco, deve-se ter com conta que ele está intrinsecamente relacionado com o conceito de saúde no contexto da arborização. Conforme definido pela *International Society of Arboriculture (ISA)* uma árvore é considerada saudável quando “ela está livre de distúrbios e pragas e, além disso, tem habilidades suficientes para resistir a situações de estresse” (ISA, 2013).

Uma Árvore de Risco, conforme aponta SEITZ (2005), é toda árvore que apresenta defeitos estruturais que possam provocar acidentes por quebra de partes ou de toda a árvore. Este risco pode ser potencializado ou minimizado por diferentes fatores, que podem estar atuando direta ou indiretamente, e de modo isolado ou conjuntamente sobre a espécie arbórea analisada. O campo da arboricultura, que envolve essas questões, é denominado de Gerenciamento de Risco de

Árvores, cujo objetivo é administrar e implementar procedimentos técnicos que visam auxiliar o arborista a manejar árvores, aplicando tratamentos como objetivo de reduzir os riscos que uma determinada espécie apresente frente à sua localização e circunstância ambiental a qual está submetida.

De modo objetivo, conceitualmente uma árvore dita perigosa é uma árvore que apresenta um risco iminente de provocar algum acidente, ou seja, que apresenta uma iminência de produzir um efeito danoso (MARTINEZ; DIAZ, 2016).

Por definição, onde quer que uma árvore esteja presente, pessoas, propriedades e atividades estão potencialmente submetidas a algum tipo de risco (DUNSTER *et al.*, 2017). No caso da arborização urbana, em certos casos o risco é de tal forma acentuado, face aos elementos considerados no entorno, que a preservação do indivíduo arbóreo se torna inviável, sendo altamente recomendada sua imediata supressão. Por outro lado, em certas situações é plenamente possível mitigar esses fatores que incidem e contribuem para elevar esse risco.

Entre os principais defeitos observados em árvores urbanas, passíveis de serem gerenciados em maior ou menor grau podem ser relacionados os seguintes (ISA, 2013, adaptado):

- a. Rebrotas oriundas de destopo, desobstrução de linha elétrica ou poda anterior;
- b. Rede elétrica adjacente à árvore;
- c. Ramos partidos ou parcialmente presos à copa;
- d. Cavidade aberta e/ou interna no tronco ou em ramos;
- e. Galhos mortos ou em processo de deterioração;
- f. Galhos que se originam a partir de um único ponto no tronco;
- g. Lesões antigas apresentando fungos e apodrecimento;
- h. Alteração recente no nível do solo ou na inclinação, ou outra alteração decorrente de obras no entorno.
- i. Sistema radicular não íntegro, lesionado ou em condições inadequadas de fixação.

Assim, mediante uma anamnese criteriosa e uma avaliação minuciosa, inicialmente visual e morfológica, permite-se que diferentes defeitos sejam detectados e analisados quanto à sua viabilidade de implementação. Por outro lado, é importante ressaltar que por vezes uma técnica corretiva mais adequada tecnicamente nem sempre é passível de ser aplicada pois dependerá das condições locais circunstanciais, tais como disponibilidade de recursos econômicos, humanos, e de instrumentos e equipamentos específicos. Nesse sentido, dentre os fatores mais recorrentes que podem ser gerenciados destacam-se os seguintes:

- a. remoção/deslocamento dos alvos imediatos;
- b. podas específicas;
- c. instalação de cabos e hastes de reforço nas árvores;
- d. implementação de rotinas de manutenção (fertilização, controle fitossanitário, práticas culturais adequadas, monitoramento, etc.);
- e. remoção do vegetal.

Observa-se que a última medida é extrema e só deverá ser aplicada para os casos onde nenhuma das estratégias disponíveis se mostre tecnicamente viável.

Uma avaliação de risco divide-se fundamentalmente em dois tipos: uma avaliação visual, na qual não são utilizados instrumentos sofisticados ou técnicas invasivas, e uma avaliação técnica onde são utilizados equipamentos específicos e outras sondagens que podem fornecer dados mais precisos e mais confiáveis.

A partir de uma análise visual, diversos itens podem ser verificados e levantados, os quais dentro de uma perspectiva sistêmica poderão oferecer um diagnóstico com um bom grau de

confiabilidade. Isso é extremamente importante nas situações em que o avaliador não dispõe recursos mais sofisticados.

Entre os diversos sistemas de checagem, que enumera diversos itens a serem considerados, o mais aceito é o preconizado pela *International Society of Arboriculture - ISA* (2017) e são descritos abaixo:

1. presença de galhos apresentando risco (tamanho, condições fitossanitárias);
2. presença de galhos soltos, destacando-se;
3. presença de cavidades em partes da árvore (caule, ramos, raízes);
4. presença de fungos saprófitas e/ou fitopatógenos diversos;
5. presença de falhas/defeitos estruturais;
6. existência de registros de quedas e/ou tombamentos (galhos, árvore) das espécies avaliadas;
7. inclinação acentuada do exemplar em relação ao seu plano de sustentação;
8. presença de diversas ramificações estruturais originando-se de um mesmo ponto;
9. falta de integridade, condições estruturais e de boa fixação do sistema radicular;
10. ocorrência de alterações estruturais no solo do entorno (deslocamento de solo, erosão, etc.);
11. alterações morfológicas/visuais atípicas das folhas (tamanho, coloração, densidade, etc.);
12. alteração na composição florística (espécies florestais) do entorno provocando alteração nas condições microclimáticas locais;
13. ocorrência de danos estruturais de alto impacto na sua fisiologia e biodinâmica (podas drásticas, choques físicos, raios, contaminação de origens diversas, etc.).

É importante considerar, conforme ressalta SEITZ (2005), que os acidentes envolvendo espécies arbóreas não ocorrem aleatoriamente pois, de fato, são o resultado da combinação de defeitos estruturais (gêneses diversas) aliados à fatores ambientais externos (aqui considerados como o microambiente do seu entorno) que vêm a agravar a situação.

3.1 – MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE RISCO

Diferentes métodos podem ser utilizados para avaliação da arborização urbana. A definição do melhor método a ser adotado dependerá dos objetivos específicos do tipo de levantamento desejado. Assim, dados qualitativos e ou quantitativos serão elegidos de acordo com o objetivo do inventário proposto. Entre as diferentes metodologias, estas poderão ser selecionadas de acordo com o grau de precisão exigido (GREY; DENEKE, 1978; JUNGST, 1983; RHOADS *et al.*, 1981, MAGGION, 1986; THURMAN, 1983).

Independentemente da metodologia adotada e dos graus de precisão pré-estabelecidos, a utilização de procedimentos de amostragem é a solução mais rápida e menos onerosa para avaliação da arborização sobretudo em grandes metrópoles (MILANO, 1993). Quanto à população amostrada variará em função das variáveis a serem auferidas, disponibilidade de recursos humanos e materiais, e objetivos específicos do levantamento desejado.

Em relação às avaliações de risco, estas podem estar inseridas em programas de levantamentos arbóreos ou direcionadas especificamente à indivíduos isolados. DUNSTER *et al.*, (2017), em seu *Manual de Gerenciamento de Risco*, obra de referência internacional no tema, preconiza 3 níveis técnicos de avaliação, de acordo com sua complexidade e precisão. Assim, de acordo com o objetivo de um dado levantamento, os exemplares poderão ser analisados e categorizados de acordo com o nível de avaliação selecionado e em função do objetivo pretendido.

Uma análise de risco integra simultaneamente o conceito de vitalidade da árvore, uma vez que os múltiplos fatores que compõem o diagnóstico relacionam-se direta ou indiretamente ao

estado fisiológico e fitossanitário da espécie avaliada. Num estudo utilizando 40 variáveis relacionadas a vitalidade de árvores urbanas, e utilizando uma análise Delphi de dados, OSTBERG *et al.* (2021) constatou que além dos da complexidade de integração destes parâmetros e seus graus de influência visando uma análise mais precisa, ocorre um alto grau de subjetividade na coleta de dados de acordo com a interpretação pessoal de cada técnico, ou seja, resultados diferentes pode ser obtidos ao variar os técnicos coletores de dados.

Dentre os métodos de avaliação de perigo e risco potencial mais difundidos e utilizados, MARTINEZ & DIAZ (2016) relacionam os seguintes como sendo os principais métodos utilizados atualmente: (1) método *VTA (Visual Tree Assessment)* (MATTHECK & BRELOER, 1994); (2) método de MATHENY & CLARK (1994); (3) método *SIA (Statically Integrated Assessment)* (WESSOLY, 1995); sistema *QTRA (Quantified Tree Risk Assessment)* (ELLISON, 2003, 2005), dentre outros. Como referência internacional e de caráter bastante prático tem sido empregada a metodologia *TRAQ (Tree Risk Assessment Qualification)*, desenvolvida pela *ISA (International Society of Arboriculture)* (DUNSTER *et al.*, 2017). Trata-se de uma metodologia não-invasiva para avaliação de risco que compila diversos fatores de forma integrada numa planilha específica, permitindo uma redução da subjetividade na análise.

Tais metodologias além de oferecer dados e parâmetros mais confiáveis para um manejo arbóreo mais eficiente e seguro, servem como importantes instrumentos auxiliares na gestão da arborização urbana, principalmente no que se refere à redução de acidentes ocasionados por tombamentos e/ou danos indiretos.

3.2 – FERRAMENTAS UTILIZADAS NO DIAGNÓSTICO:

Diferentes instrumentos e equipamentos têm sido utilizados para avaliar as condições de risco de uma árvore. Estas avaliações, dependendo da circunstância específica, podem integrar técnicas mais sofisticadas tais como a tomografia por impulso ou o georadar, também conhecido como *tree radar*. Estas ferramentas de diagnóstico podem ser classificadas como invasivas e não-invasivas, sendo estas últimas ainda categorizadas em semi-invasivas, micro-invasivas e macro-invasivas (MARTINEZ; DIAZ, 2016). Na Tabela 1 é apresentado uma compilação dos principais recursos disponíveis no mercado e respectivos exemplos de aplicação, sendo que o critério e seleção dos mesmos se dará em função do grau de precisão desejada, da complexidade da situação e da alocação de recursos destinados para essa finalidade (PALERMO *et al.* 2021).

Tabela 1: Relação de instrumentos passíveis de serem utilizados para avaliação de risco de árvores.

Equipamentos/Ferramentas de maior simplicidade	Exemplos de aplicação
Trena (analógicas, laser)	Para avaliações dendrométricas (alturas de ramos, diâmetros de copa, Dap, Cap), mensuração de distâncias de alvos, etc.
Martelo de borracha	Para detecção e mensuração de cavidades não aparentes no fuste/ramos, bem como das condições do lenho, através do som emitido, sendo bastante utilizado em arboricultura.
Sovela	Avaliação expedita da resistência do lenho ou detecção de perfurações e cavidades em troncos e galhos.
Lanterna	Visualização do interior de cavidades em troncos, ramos, raízes, etc.
Paquímetro analógico ou digital	Medição de dimensões foliares, coletos, raízes, etc.
Pinças	Para manuseio de pragas e partes da planta.
Tesoura de poda	Cortes de ramos de pequeno diâmetro.
Serrote de poda	Cortes de ramos de maior diâmetro.
Tesoura comum	Cortes mais precisos em órgãos mais delicados das árvores.
Canivete	Para cortes diversos.

Tabela 1: Relação de instrumentos passíveis de serem utilizados para avaliação de risco de árvores (continuação):

Estiletas	Para cortes de porções mais finas e delicadas de tecidos da árvore.
Machado combinado Pulaski	Para dissecar galhos e troncos caídos, exposição de raízes para verificação de seu estado.
Bandejas plásticas brancas	Para coleta de pragas e inimigos naturais através da técnica do batimento de folhagem.
Bússola	Para determinação e marcação dos pontos cardeais nas árvores.
Aparelho de GPS	Determinação das coordenadas geográficas de árvores e alvos.
Binóculos/Monóculos	Exame das condições da copa das árvores.
Lupas de bolso e microscópios portáteis acopláveis a celulares/netbooks	Verificação de sintomas e sinais causados por pragas.
Câmera fotográfica	Registros diversos das árvores, local, alvos, sinais e sintomas de pragas.
Caneta laser	Apontamentos de regiões e pontos na copa da árvore.
Fita métrica	Medição de pequenas distâncias estruturais da árvore, Cap, Circunferência do colo, etc.
Fita diamétrica	Medição de Dap.
Suta mecânica ou digital	Medição de Dap.
Clinômetro e Inclinômetro (analógicos ou digitais)	Mensuração da inclinação de caules, de ramos, de terreno, etc.
Hipsômetro ou Clinômetro florestal	Clinômetro especialmente construído para determinação de alturas de árvores.
Vara/Haste metálica graduada	Para mensuração de cavidades aparentes no fuste/ramos além da localização e estimativa da distribuição do sistema radicular.
Nível laser/tripé	Medições de declividade de terreno, levantamento de indícios de pivotamento de raízes, etc.
Termo-anemômetro digital	Medição da temperatura e da direção e velocidade do vento em corredores de vento.
Medidor de pH portátil	Medição dos níveis de acidez/alcalinidade do solo sob as árvores avaliadas.
Anel de Kopeck	Determinação das densidades aparente e real do solo.
Régua ou gabaritos multifuncionais (p.ex. a Régua multiuso Matteck)	Para avaliação expedita dos parâmetros relacionados à arquitetura da árvore.
Trado de incremento	Sondagem das condições internas do lenho e dendrocronologia.
Furadeira elétrica portátil ou perfuratriz a combustível e broca	Para perfuração de fustes e ramos com vistas à sondagem e mensuração de cavidades e das condições internas, além de aquilatação empírica da resistência do lenho.
Boroscópio	Para prospecção interna de fuste e ramos, usado após perfuração com furadeira/perfuratriz.
Tomógrafo por impulso ou sônico	Para avaliação não invasiva das condições internas dos tecidos do fuste, ramos e raízes. Baseia-se na cronometragem de ondas mecânicas, produzidas por leves batidas, as quais percorrem o lenho e são captadas por sensores possibilitando inferir acerca da condição dos tecidos do lenho. A velocidade de propagação das ondas é diretamente proporcional à densidade do lenho da árvore, e quanto maior essa velocidade melhor é a condição do lenho.
Tomógrafo por impedância ou resistividade elétrica	Para avaliação não invasiva das condições internas dos tecidos do fuste e ramos. O equipamento utiliza corrente elétrica e voltagem para mensuração da resistividade do lenho, a qual varia em função da heterogeneidade de sua constituição e estado.

Tabela 1: Relação de instrumentos passíveis de serem utilizados para avaliação de risco de árvores (continuação):

Resistógrafo eletrônico	Para detecção de deteriorações, cavidades internas e fissuras no lenho de árvores. O aparelho registra a amplitude de resistência que o lenho exerce no corpo da broca.
Penetrógrafo eletrônico	Para detecção de deteriorações, cavidades internas e fissuras no lenho de árvores. O aparelho registra tanto a amplitude de resistência oferecida pelo lenho à rotação da broca quanto a amplitude de resistência do lenho à penetração da broca.
Sensores de movimentação	Utilizados para mensurar a movimentação da copa e do sistema radicular sob carga causadas por ventos ou seu próprio peso, sem aplicação de forças externas artificiais.
GPR ou <i>Tree Radar</i>	Mensuração e mapeamento da distribuição do sistema radicular.
Câmera termográfica	Detecção de diferenças de temperaturas nas várias partes da árvore e no entorno.
<i>Air spade</i>	Para escavação de solo e avaliação direta das condições e distribuição do sistema radicular.
Dendrômetro (tipo cinta analógica ou tipo eletrônico)	Monitoramento do crescimento do diâmetro de árvores.

Fonte: PALERMO *et al.* (2021), adaptado de FILIP *et al.* (2014); FERREIRA *et al.* (2016); ABNT (NBR 16.246-3/2019)

Além destes, MARTINEZ & DIAZ (2016) citam os seguintes equipamentos que também poderão ser utilizados na detecção de sintomas: a. nariz eletrônico (BAIETTO *et al.*, 2010, 2013), que analisa compostos orgânicos voláteis relacionando-os à presença de fungos saprófitas, b. aplicação de raio X, no qual através de radiações eletromagnéticas é elaborada uma fotografia interna da região alvo; c. shigômetro, que mede a resistência elétrica da madeira submetida à degradação fúngica (liberação iônica); d. elasto-inclinômetro, instrumento que analisa a resistência da árvore quando submetida a um dado esforço; e. análises nutricionais e f. clorofilômetro.

Este último equipamento, utilizado no presente estudo, permite avaliar as condições de sanidade fisiológica de uma árvore, de um modo rápido, fácil e não destrutivo. Baseia-se na avaliação da clorofila presente nas folhas, a partir da medição de sua fluorescência específica.

3.3 – ANÁLISES PARA DETERMINAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL

Diversos fatores ambientais podem interferir diretamente no equilíbrio fisiológico de um vegetal. Desde alterações no microclima ao qual a planta está submetida até desordens bioquímicas provocadas por fitopatógenos ou substâncias aplicadas sobre o mesmo. Um destes fatores largamente estudado, sobretudo no que se refere a pesquisas voltadas ao aumento de produção e produtividade, fundamenta-se na análise do estado nutricional da planta.

Conforme aponta FONTES (2016), para a realização de uma diagnose são utilizados diferentes exames na busca de dados e informações para serem relacionados com lógica de causa e efeito. Segundo o autor, diagnosticar é um processo que envolve um ou mais procedimentos, de modo isolado ou integrado, necessários a uma anamnese. O termo “anamnese” (do grego *aná*, trazer de volta, + *mnesis*, memória), utilizado pelo mesmo e adotado no presente trabalho, relaciona-se ao sentido de “trazer de novo à memória” ou “buscar fatos e informações”. Fatos esses não apenas coletados e registrados, mas observados à luz de uma interconexão multifatorial lógica, baseada num senso crítico e objetividade.

As etapas básicas de um processo de diagnose do estado fisiológico e nutricional de uma árvore, são esquematizadas no fluxograma a seguir, proposto por FONTES (2016), foi aqui adaptado para indivíduos arbóreos (Figura 1):

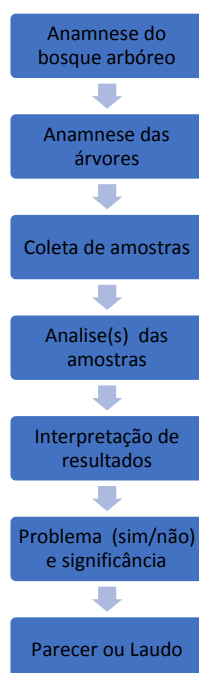


Figura 1: Diagnóstico do estado fisiológico e nutricional de uma árvore

Portanto, embora possuindo características peculiares, indivíduos arbóreos podem também ser igualmente submetidos ao mesmo processo de análise utilizado em outras espécies cultivadas, sejam elas herbáceas ou lenhosas, ou mesmo de portes variados.

Considerando o aspecto nutricional, seu desequilíbrio em níveis significativos pode afetar diretamente a produtividade e ou baixa qualidade do produto final de determinada cultura. Em termos florestais, FURTINI *et al.* (2000) aponta que, no caso de reflorestamentos, muitas vezes o insucesso de uma implantação se dá em função de um desbalanço nutricional negativo, que pode levar a planta à morte diretamente ou de forma indireta, provocando maior susceptibilidade às intempéries climáticas e ou à predisposição para incidência de doenças.

Além desta variável, importante registrar que o comportamento de cada nutriente depende de sua interação com cada patógeno e cada hospedeiro, sendo que o mesmo nutriente pode proporcionar estímulos diferentes em função da espécie hospedeira e do tipo de patógeno (GALDEANO *et al.* 2010; SILVA, 2007).

Dentre os métodos de avaliação nutricional no aspecto de produtividade, GIL *et al.* (2002), trabalhando com a cultura da batata, menciona o clorofilômetro *SPAD* como uma ferramenta possível de ser utilizada no prognóstico da produção. O índice *SPAD* (*Soil Plant Analysis Development*) é uma variável que apresenta alta correlação com o teor de clorofila, eficaz para estimar a quantidade de nitrogênio assimilada pelas plantas ao longo do desenvolvimento da cultura. Nessa linha de pesquisa, YANG *et al.* (2014) trabalhando com a leitura *SPAD*, realizada na folha, na fase de emborrachamento de grãos, obteve resultados positivos utilizando esta ferramenta na predição da produtividade de grãos de arroz.

Embora a literatura nos últimos anos venha corroborando o uso potencial da análise da clorofila pelo método da fluorescência na determinação da vitalidade de árvores utilizadas na arborização urbana, SEPÚLVEDA & JOHNSTONE (2019) afirmam que a utilização de parâmetros fisiológicos nesse contexto ainda se encontra nos estágios iniciais. Como método complementar, para otimizar a precisão dos resultados, os autores utilizaram também um índice

de vitalidade visual, baseado no a) tamanho da copa; b) densidade da copa; e c) padrão das brotações epicórmicas, encontrando evidências de correlação entre estes parâmetros e o teor de clorofila foliar em espécies de *Ficus*, *Platanus* e *Ulmus*, dentre as espécies avaliadas.

Confirmando a importância da avaliação da arquitetura da copa e outros critérios morfológicos na avaliação da vitalidade, BARTHÉLÉMY & CARAGLIO (2007), numa extensa revisão sobre o tema, apontam que o conhecimento do padrão genético da espécie também deve ser considerado na análise de sua plasticidade morfológica, sobretudo quando a mesma se encontra submetida a fatores de estresse, sejam eles endógenos ou exógenos.

Correlações positivas também foram obtidas por CALLOW *et al.* (2018), avaliando a fluorescência de cascas de ramos e o potencial hídrico das folhas, indicando que ambos os métodos podem ser utilizados em conjunto com os indicadores visuais de vitalidade.

Aplicando-se estes conceitos no contexto da análise de risco uma espécie arbórea e, considerando ainda a utilização deste índice nesse tipo de avaliação, é razoável supor que esta metodologia possa ser aplicada com um relativo grau de confiabilidade. De fato, em outros países, esta técnica vem sendo aplicada como meio de detecção de danos fisiológicos causados por fatores de estresses bióticos e abióticos (MARTINEZ; DIAZ, 2016). E conforme apontam os autores, a própria natureza da técnica pode assegurar a detecção antecipada de um estresse que poderia vir a conduzir à deterioração do exemplar e eventual queda, muito antes dos sintomas visíveis se manifestarem. A utilização do clorofilômetro, através da medição da fluorescência, vem sendo bastante difundida em outros países, sob o viés da avaliação da vitalidade de uma árvore. Isso pode ser facilmente constatado através de empresas internacionais que produzem e/ou comercializam rotineiramente este tipo de aparelho, como por exemplo a *Arborcheck* (<https://www.arborcheck.com/>). Curiosamente, a despeito de sua crescente utilização no exterior em avaliações dessa natureza, no Brasil não há relatos disponíveis até o momento, dentro do escopo consultado, sobre sua utilização no contexto da arborização urbana.

Devido ao grande número de acidentes envolvendo quedas de árvores, como pode ser constatado rotineiramente pela mídia, torna-se cada vez mais imprescindível dispor de ferramentas que possam detectar problemas intrínsecos das árvores antes que tais acidentes venham a ocorrer. Por outro lado, com a rápida diminuição das áreas verdes das cidades, sobretudo das grandes metrópoles, as legislações atuais vêm sendo cada vez mais criteriosas, restringindo ao máximo o corte de árvores principalmente nas áreas urbanas. Assim, é cada vez mais urgente dispormos de metodologias mais precisas para justificar ou não a remoção de uma árvore.

Em termos dos aspectos morfológicos comumente adotados, a experiência de campo mostra que padrões visuais e estruturais, sobretudo da arquitetura da copa, folhas e ramos superiores, oferecem bons indicativos sobre o estado de vitalidade da árvore. Estudos nesse sentido vem sendo implementado com êxito em outros países como demonstrado pelos trabalhos realizados por SABATIER, CARAGLIO & DRÉNOU (2014), utilizando o método “ARCHI”, que emprega marcadores de arquitetura arbórea. Entretanto, no contexto atual da arborização urbana brasileira, observa-se que grande parte destes e outros trabalhos utilizam-se de árvores de clima temperado, as quais apresentam menor diversidade de espécies e comportamentos plásticos e fisiológicos menos variáveis quando comparados à espécies e condições tropicais.

Para sobrepor estes obstáculos, estudos mais aprofundados e específicos, entre os quais se insere o uso do clorofilômetro, para as principais espécies utilizadas no paisagismo brasileiro, podem servir de base para estabelecer critérios mais definidos para se avaliar os padrões de crescimento das principais espécies empregadas na arborização urbana. O trabalho descrito por DRÉNOU (2021) apresenta uma metodologia bem interessante nessa linha de pesquisa e potencialmente pode servir de base para eventuais estudos dessa natureza.

Este contexto motivou o presente trabalho, que aborda de um modo preliminar a aplicação do clorofilômetro na arboricultura urbana, especificamente com vistas a sua utilização em avaliações de risco. O equipamento mencionado é descrito a seguir.

3.4 – O CLOROFILÔMETRO *SPAD TYS-4N*

O método de extração e de determinação da clorofila em laboratório (ARNON, 1949), ainda que simples, apresenta algumas desvantagens. Além da coleta destrutiva do material vegetal, envolve outros procedimentos como extração via maceração com acetona 80% e leitura em espectrofotômetro, que acarretam grande consumo de tempo (FERREIRA *et al.*, 2006). Por outro lado, a determinação da cor verde da folha é possível de ser realizada de maneira rápida por meio de clorofilômetro (PÔRTO *et al.*, 2011) e, de fato, essa metodologia vem sendo aplicada com êxito em diversos países (CALLOW *et al.*, 2018).

O *SPAD TYS-4N*, utilizado no presente trabalho, é um clorofilômetro portátil que proporciona leitura instantânea, de maneira não destrutiva, sendo uma alternativa para avaliar o nível de nitrogênio (N) da planta em tempo real, pelo fato de haver correlação significativa entre a intensidade do verde e o teor de clorofila com a concentração de N na folha (GIL *et al.*, 2002; FONTES; ARAÚJO, 2007). Além disso, pesquisas têm demonstrado que em diversas culturas, a concentração de clorofila ou o verdor das folhas se correlaciona positivamente com a concentração foliar de N. Isso ocorre pelo fato de que 70% do N contido nas folhas estão nos cloroplastos, participando da síntese e da estrutura das moléculas de clorofila (MARENCO; LOPES, 2005). Por essa razão, o teor de clorofila no final da fase vegetativa tem sido relacionado com o estado nutricional de N de diversas culturas (ARGENTA *et al.*, 2001). Índices *SPAD* obtidos em folhas de diversas espécies apresentaram correlação positiva com a suficiência de N, podendo este ser considerado um índice apropriado para avaliar o estado de N das culturas (BLACKMER; SCHEPERS, 1995; GIL *et al.*, 2002; FONTES; ARAÚJO, 2007).

Equipamentos análogos, como por exemplo o medidor portátil análogo *SPAD-502* avaliam, quantitativamente, a intensidade do verde da folha, medindo as transmissões de luz a 650 nm, onde ocorre absorção de luz pela molécula de clorofila, e a 940 nm, onde não ocorre absorção (GIL *et al.*, 2002; FERREIRA *et al.*, 2006). Com estes dois valores, o equipamento calcula um número ou índice *SPAD* que, normalmente, é altamente correlacionado com o teor de clorofila da folha e pode identificar uma deficiência de N, e com isso identificar a necessidade ou não de uma aplicação suplementar de N (GIL *et al.*, 2002). Portanto, além da característica de poder fornecer indicadores sobre a vitalidade das plantas, o equipamento também fornece elementos para se avaliar o estado nutricional, especificamente em relação ao seu teor de Nitrogênio, em que a espécie se encontra.

Entretanto, apesar de diversas culturas terem sido testadas com sucesso nesse tipo de avaliação (PÔRTO *et al.*, 2011), em se tratando de espécies arbóreas, especificamente no contexto da arborização urbana, e aplicada à análise de risco, trabalhos dessa natureza ainda são muito escassos na literatura internacional e até mesmo inexistentes em termos nacionais.

Desse modo, o uso do clorofilômetro constitui-se numa alternativa interessante à análise química, pois mede a transmitância da luz através do tecido foliar sem destruí-lo, permitindo assim, além de medições pontuais, estudos de monitoramentos periódicos, utilizando-se a mesma amostra. Por esses motivos, e devido à sua praticidade, os clorofilômetros portáteis são recomendados em condições de campo (FONTES, 2006).

Diversas pesquisas têm demonstrado que as medições fundamentadas neste princípio, se correlacionam com a concentração de nitrogênio na planta e ou com o rendimento de várias espécies agrônômicas, como exemplificado por YAMAMOTO *et al.* (2005).

Conforme apontado por FONTES (2016), numa ampla revisão sobre o equipamento, mesmo com algumas imperfeições, seu uso também pode ser aplicado satisfatoriamente aumentando a eficiência do uso dos adubos nitrogenados e utilização dos mesmos em cobertura, recomendando a necessidade de sua aplicação, corroborando também com os dados obtidos por SCHEPERS *et al.* (1992).

A Figura 2, apresenta o clorofilômetro *SPAD TYS-4N*, utilizado experimentalmente no presente trabalho, e cujas especificações técnicas são descritas no tópico seguinte.

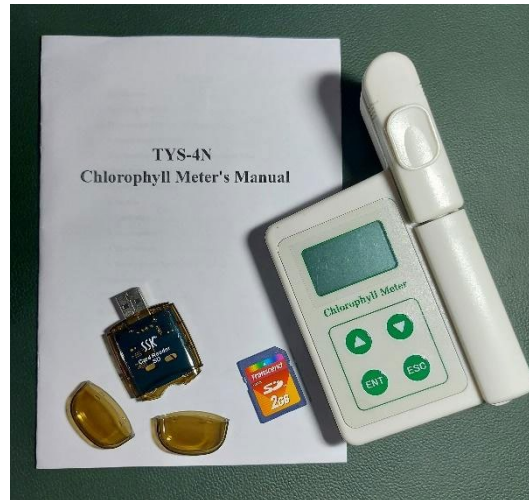


Figura 2: Clorofilômetro *TYS-4N*, manual, cartão de memória (*SDCard*) e adaptador do tipo *USB* para transferência dos dados coletados para o computador.

4 – MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se o clorofilômetro digital portátil modelo *TYS-4N*, com as seguintes especificações técnicas (Tabela 2).

Tabela 2: Especificações técnicas do clorofilômetro portátil *TYS-4N*, conforme Manual de Instruções.

1	Faixa de mensuração (clorofila)	0.0 – 99.9SPAD
2	Área de medição	2mm x 2mm
3	Precisão da medição	entre ± 1.0 SPAD unid (SPAD entre 0 –50)
4	Repetibilidade	entre ± 0.3 SPAD unid (SPAD entre 0 –50)
5	Intervalo de medição (Nitrogênio)	intervalo total
6	Precisão (Nitrogênio)	5%
7	Intervalo de medição (temperatura)	0-60°C
8	Precisão (temperatura)	$\pm 1^\circ\text{C}$
9	Intervalo de medição (espessura equivalente de água – <i>EEA</i>)	0 – 5g/cm ²
10	Precisão (<i>EEA</i>)	$\pm 3\%$
11	Intervalo de medição (tempo)	< 3s
12	Tipo armazenamento	cartão de memória SD
13	Capacidade de armazenamento de dados	2GB
14	Potência	4.2V bateria de lítio recarregável
15	Capacidade da bateria	2000mAh

O levantamento foi conduzido no bairro de Vila Mariana, Município de São Paulo, Estado de São Paulo, tomando-se por base três espécies (descritas a seguir) utilizadas na arborização urbana, quer seja pelas suas propriedades estéticas como funcionais (sombra, crescimento rápido, facilidade de condução e manutenção, rusticidade, fornecimento de sombra, produção de mudas etc.).

Por tratar-se de um ambiente tipicamente urbano, as amostras foram avaliadas *in loco*, e intencionalmente desprovidas de um critério de homogeneidade de condições de vegetação, uma vez que o objetivo primordial do levantamento foi verificar o potencial de aplicabilidade da técnica dentro de uma perspectiva de análise nas variadas condições de crescimento em condições urbanas.

Portanto, sendo um levantamento prospectivo, para a seleção dos indivíduos testados, foram escolhidos exemplares em condições ecofisiológicas variadas, sendo os critérios considerados apresentados no Tabela 3.

Tabela 3: Critérios considerados na seleção e avaliação do exemplares amostrados.

	CARACTERÍSTICA	VARIÁVEIS
1	Fase / Idade aproximada	árvores jovens (<5anos); adultas (5-30anos); velhas (>30anos); senescente (>50anos)
2	Porte	Pequeno; médio e grande
3	Vitalidade / Fitossanidade (grau sintomatologia)	0 = sem sintoma; 1 = início (até 10% superbrotção); 2 = instalação (até 50% superbrotção); 3 = generalizado = acima de 50%; 4 = patologia avançada, estágio terminal.
4	Folhas	jovens ou adultas

As espécies selecionadas foram devidamente identificadas e georreferenciadas visando possibilitar seu monitoramento posterior. A tomada de dados ocorreu preferencialmente na parte da manhã, em condições de ausência de chuva pelo menos por 24hs do dia anterior, à uma temperatura que variou de 19,5 a 22,5°C (dados coletados pelo aparelho e não apresentados) e umidade relativa média do ar de 70%. As tabelas 4, 5 e 6, a seguir, indicam a respectiva geolocalização dos indivíduos incluindo também o logradouro visando facilitar futuros monitoramentos.

Tabela 4: Codificação, indicadores selecionados e localização das árvores amostradas da espécie *Schinus terebinthifolia* Raddi:

CÓD	FASE	PORTE	SINTOMA	COORDENADAS		ENDEREÇO	
				S	O	LOGRADOUR O	CEP
S01	ADULTA	PEQUENA	0	23° 35' 30,9"	046° 38' 53,2"	Rua Dr. Mário Cardim, 606	04019-000
S02	ADULTA	PEQUENA	0	23° 35' 24,9"	046° 38' 33,0"	Rua Gassipós, 249	04019-090
S03	ADULTA	PEQUENA	0	23° 35' 30,9"	046° 38' 28,4"	Rua Gandavo, 188	04023-000
S04	ADULTA	MÉDIO	0	23° 35' 38,9"	046° 38' 16,8"	Rua Mairinque, 103	04037-020
S05	VELHA	MÉDIO	0	23° 35' 36,2"	046° 38' 23,2"	Praça Adélia Bastos Birkholz	04021-010
S06	JOVEM	PEQUENA	0	23° 35' 35,3"	046° 38' 30,0"	Rua Capitão Macedo, 208	04021-020
S07	JOVEM	PEQUENA	0	23° 35' 35,3"	046° 38' 29,9"	Rua Capitão Macedo, 208	04021-020
S08	SENESCENTE	GRANDE	0	23° 35' 09,9"	046° 37' 33,5"	Rua Colônia da Glória, 401	04113-001

Tabela 5: Codificação, indicadores selecionados e localização das árvores amostradas da espécie *Tabebuia pentaphylla* (Linn.) Hemsl.:

CÓD	FASE	PORTE	SINTOMA	COORDENADAS		ENDEREÇO	
				S	O	LOGRADOUR O	CEP

T01	ADULTA	MÉDIO	0	23° 35' 35,0"	046° 38' 33,9"	Rua Capitão Macedo, 314	04021-020
T02	ADULTA	MÉDIO	0	23° 35' 35,7"	046° 38' 36,8"	Rua Napoleão de Barros, 236	04024-000
T03	VELHA	GRANDE	0	23° 35' 36,2"	046° 38' 41,7"	Rua do Otonis, 268	04025-000
T04	ADULTA	MÉDIO	0	23° 35' 34,7"	046° 38' 42,6"	Rua Capitão Macedo, 553	04021-020
T05	ADULTA	MÉDIO	0	23° 35' 34,6"	046° 38' 43,0"	Rua Capitão Macedo, 553	04021-020
T06	ADULTA	MÉDIO	2	23° 35' 26,4"	046° 38' 43,1"	Rua Dr. Mário Cardim, 266	04019-000
T07	JOVEM	PEQUENO	1	23° 35' 27,1"	046° 38' 54,1"	Rua Angelina Santisi, 231	04016-080
T08	VELHA	GRANDE	2	23° 35' 24,9"	046° 38' 39,3"	Rua Gassipós, 178	04019-090
T08	ADULTA	GRANDE	0	23° 35' 24,3"	046° 38' 36,4"	Rua Uruana, 215	04019-070
T10	ADULTA	GRANDE	2	23° 35' 31,1"	046° 38' 27,4"	Rua Gandavo, 152	04023-000
T11	ADULTA	MÉDIO	3	23° 35' 35,8"	046° 38' 28,4"	Rua Capitão Macedo, 171	04021-020
T12	SENECENTE/ TERMINAL	MÉDIO	4	23° 35' 34,0"	046° 38' 20,1"	Rua Madre Cabrini, 527	04020-001
T13	JOVEM	PEQUENA	0	23° 35' 33,8"	046° 38' 17,5"	Praça da Bíblia	04023-030
T14	ADULTA	MÉDIO	4	23° 35' 35,9"	046° 38' 27,7"	Rua Capitão Macedo, 148	04021-020

Tabela 6: Codificação, indicadores selecionados e localização das árvores amostradas da espécie *Cecropia pachystachya* Trêcul.:

CÓD	FASE	PORTE	SINTOMA	COORDENADAS		ENDEREÇO	
				S	O	LOGRADOURO	CEP
CB	ADULTA	MÉDIO	0	23° 30' 12,1"	046° 43' 04,0"	Av. Raimundo Pereira de Magalhães, 1720	05145-000
CW	ADULTA	MÉDIO	3	23° 38' 49,1"	046° 41' 49,1"	Rua Min. Cardoso Alves, 730	04019-090

Os dados *SPAD* e teor de nitrogênio coletados, foram posteriormente transferidos para o computador, formatados e convertidos em planilhas visando facilitar a análise e construção da tabela comparativa. Foi também incluído nas planilhas os dados de Densidade Equivalente de Água (*EEA – Equivalent Water Thickness*), que juntamente com o Conteúdo Relativo de Água (*CRA*), pode indicar eventuais condições de estresse hídrico, conforme demonstrado por STRABELI *et al.* (2023), que concluiu que dados espectrais apresentam potencial de uso na estimativa destes parâmetros em folhas de árvores do gênero *Eucalyptus*.

Além destes dados incluiu-se nas referidas planilhas, visando a análise comparativa, as características das espécies conforme descritas na Tabela 3.

Para a realização das medições, utilizou-se as folhas distais dos ramos do terço médio das respectivas copas das árvores amostradas, buscando utilizar amostras representativas do conjunto. Para a seleção das folhas observou-se morfologias e aspectos homogêneos, além de estarem livres de patógenos ou insetos, ou quaisquer outros fatores que pudessem prejudicar a leitura pelos sensores. No caso da espécie *Cecropia*, que se mantém enfolhada apenas nas extremidades dos ramos superiores, foram avaliadas folhas jovens apicais até o terceiro ponto de inserção e folhas adultas de diferentes ramos.

As medições compreenderam no mínimo 20 leituras de folhas de cada árvore amostrada (amostragem composta), sendo estas tabuladas posteriormente em planilha para avaliação e comparação dos dados. Por tratar-se de um ensaio exploratório inicial, os dados foram avaliados

estatisticamente apenas em termos das médias obtidas e respectivo desvio padrão, tanto em relação a cada indivíduo avaliado como entre os mesmos, para cada uma das espécies avaliadas. Árvores em diferentes condições foram comparadas visando identificar algum padrão passível de correlação com seus estados fisiológicos e de vitalidade. No caso da espécie *Cecropia pachystachya*, além da comparação de espécies em estágios diferentes, foram analisadas comparativamente folhas jovens e folhas adultas.

Para a amostragem das outras espécies, dado que as concentrações de clorofila e nutrientes podem variar em função do tecido (diferentes partes da árvore) e dos estágios fisiológicos em que se encontram (CAMPOS *et al.*, 2014), procurou-se utilizar folhas adultas saudáveis de igual tamanho e morfologia, sem sinais aparentes de início de senescência, e representativas da copa como um todo, buscando-se reduzir assim o erro padrão amostral.

4.1 – DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES UTILIZADAS NO ENSAIO

4.1.1 – *Schinus terebinthifolia* Raddi – ANACARDIACEAE

Conhecida popularmente como aroeira-salsa, árvore-pimenta, pimenta-falsa, pimenta-rosa, aroeira, aroeirinha. Árvore originária do Peru é encontrada como espécie nativa no Brasil, Uruguai, Argentina, entre outros países da região andina, intensamente utilizada no paisagismo (BACKES; NARDINO, 2002, MENEZES, 2020).

É uma espécie perenifólia, heliófita, com porte entre 4-8m de altura, diâmetro de tronco entre 25-35cm, folhas compostas com 4-12 jugos, folíolos subcoriáceos, glabros entre 3-8 cm de comprimento; inflorescências do tipo paniculadas terminais e frutos aromáticos de coloração vermelho-róseo (BORELLA *et al.*, 2011).

Além de seu valor estético, apresenta diversas propriedades medicinais e aromáticas, entretanto seu uso deve ser criterioso pois há relatos de reações alérgicas provocadas pelo contato com folhas e caule (MARGATO *et al.*, 2019; CORDEIRO, 2023).

No sentido de identificar padrões de comportamento divergentes espécies em diferentes estágios de desenvolvimento e condições fisiológicas. As FIGURAS 3 e 4 a seguir ilustram as diferentes situações e respectivos códigos.

A



B



Figura 3: Árvores de *Schinus terebinthifolia*, onde A – Detalhe da folha e B - Detalhe dos frutos.



C



D



Figura 4: Caracterização fotográfica das árvores de *Schinus terebinthifolia*, onde A – Exemplar S02 – porte pequeno; B - Exemplar S04 – porte médio; C - Árvores S06 e S07, plantas jovens; e D – Árvore S08, árvore senescente. Fonte das fotos: acervo pessoal.

4.1.2 – *Tabebuia pentaphylla* (Linn.) Hemsl. – BIGNONIACEAE

Conhecida popularmente como ipê-rosa de El Salvador, tem como sinonímia *Tabebuia rosea* Bertero ex A.DC. Originária de El Salvador – América Central, é uma espécie semidecídua, de médio a grande porte, podendo chegar a 25m de altura. Bastante rústica e adaptada às condições climáticas brasileiras, é largamente utilizada na arborização urbana devido ao seu alto valor estético, proporcionado pela sua floração, exuberante e intensidade de cor, que varia do rosa ao roxo. Apresenta folhas compostas digitadas de cinco folíolos.

Nas condições brasileiras, é intensamente acometida por uma fitoplasmose de ocorrência generalizada no ambiente urbano. Caracterizada inicialmente por MELVILLE (1938), foi descrita no Brasil pela primeira vez por PIMENTEL *et al.* (2007). Essa fitomoléstia provoca uma

superbrotação das gemas apicais de forma simultânea em todos os estratos da árvore, originando o sintoma plástico conhecido como “envassouramento”, o qual reduz drasticamente sua floração, sendo comum impedir totalmente que as gemas florais se desenvolvam.

Devido aos danos irreversíveis observados, vem provocando uma perda quase total do seu potencial paisagístico não sendo mais recomendada em novos plantios em diversos municípios. Além destes sintomas, frequentemente observa-se fissuras em diversas regiões do caule, que gradualmente vão originando extensas fendas dependendo da severidade da doença. Com o avanço destes sintomas, devido ao caráter sistêmico, a árvore vai definhando gradualmente, mediante uma seca progressiva dos seus ramos apicais, sendo bastante frequente ocasionar sua morte em progressões variáveis. Embora a etiologia da doença seja conhecida, os mecanismos de desencadeamento de sintomas ainda são desconhecidos. Observa-se, entretanto, diferenças na intensidade de sua manifestação, sendo que ao surgir em plantas jovens até médio porte, estas dificilmente atingem a fase adulta. As Figuras 5 e 6, a seguir mostram as árvores testadas em diferentes estágios e fases de manifestações da sintomatologia.

A



B



Figura 5: Árvores de *Tabebuia pentaphylla* (Linn.) Hemsl., onde A – Exemplar T06 Detalhe das folhas e B - Detalhe da floração (*).

Fonte: acervo pessoal e (*) <https://www.oficinadopaisagista.com.br/>.

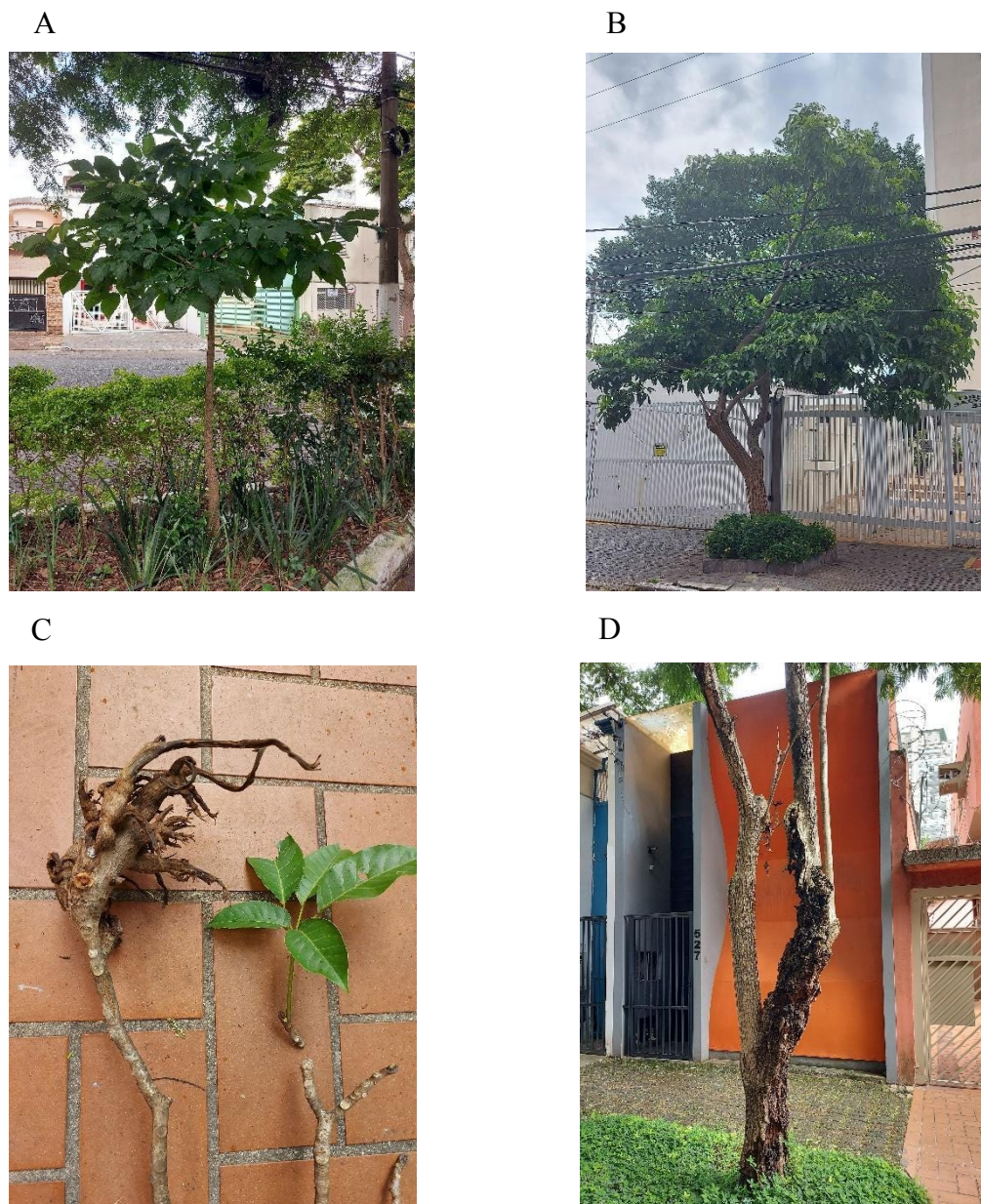


Figura 6: Caracterização fotográfica das árvores de *Tabebuia pentaphylla* (Linn.) Hemsl., onde A - Exemplar T13 – porte pequeno; B - Exemplar T01 – árvore adulta; C - Exemplar T12 em estágio terminal mostrando superbrotção e D - Exemplar T12 em estágio terminal mostrando e lesão no caule.

4.1.3 – *Cecropia pachystachya* Trécul – URTICACEAE

Conhecida popularmente como embaúba, nome originado do termo tupi que significa “árvore oca”. Nativa do Brasil, esta espécie não endêmica, possui ampla distribuição geográfica sendo encontrada nas cinco regiões do País nos seguintes domínios fitogeográficos: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata atlântica, Pampa e Pantanal (GAGLIOTI, 2023).

Embora pouco utilizada no paisagismo urbano, é bastante atrativa para diversas espécies da avifauna e se notabiliza por suas folhas se constituírem num excelente habitat para diversas espécies de insetos, além de apresentar frequente simbiose com formigas do gênero *Azteca*, uma vez que possui caule e ramos ocos, facilitando a colonização por estes insetos.

Por tratar-se de espécies pioneira tem sido utilizada com relativa frequência em projetos de recuperação de áreas degradadas sobretudo devido à intensa atividade antrópica (GAGLIOTI, 2023, SIBBR, 2023).

Foram analisados dois exemplares adultos em relação ao estágio de desenvolvimento de folhas, sendo um deles (CB) em condições normais de vegetação, e outro (CW) com sintomas nítidos de declínio, apresentando acentuado destacamento de ramos ao longo do caule, muito provavelmente pelo plantio em condições inadequadas. As Figuras 7 e 8, a seguir, ilustram o aspecto geral dos exemplares e detalhes morfológicos observados durante a avaliação de risco.

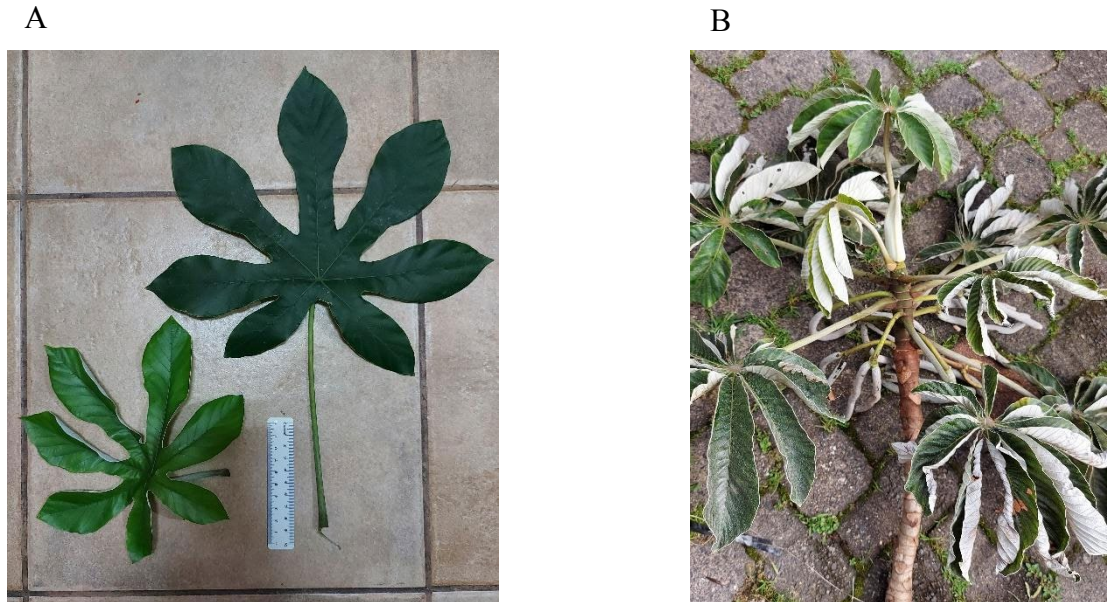


Figura 7: Árvores de *Cecropia pachystachya* Trécul, onde A – Espécie CB1, folha jovem e adulta e B – Espécie CW1, ápice e floração.

A



B



C



D



Figura 8: Caracterização fotográfica das árvores de *Cecropia pachystachya* Trécul, onde A e B – Fragmentos de CW1 mostrando colonização por basidiomicetos saprófitas; C e D – Exemplar CW com atrofia de copa e destacamento de ramos laterais.

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as medições, os dados foram transformados e tabulados em planilhas para cada espécie. As respectivas tabelas são apresentadas e analisadas a seguir.

Devido ao crescimento relativamente lento das árvores de *Schinus terebinthifolia*, quando comparado à outras espécies comumente utilizadas na arborização urbana, os exemplares menores, sejam eles jovens ou em fase adulta (S01, S02, S03, S06 e S07) apresentam um padrão espectral semelhante no que se refere ao teor de clorofila, variando na faixa de 42 a 53 *SPAD* (Tabela 7). Entretanto, observa-se um desvio padrão mais acentuado nas árvores S06 e S07, provavelmente devido ao intenso ritmo inicial de crescimento, e concentração de brotações (plantas jovens).

Tabela 7: Medidas teor de clorofila (*SPAD*), porcentagem de nitrogênio (N%) e densidade equivalente de água (WT – g cm⁻²) de *Schinus terebinthifolia*.

Código da Amostra	Fase	Porte	Sintoma	Nº. de Amostras	SPAD		N (%)		WT (g cm ⁻²)	
					□	σ	□	σ	□	σ
S01	ADULTA	PEQUENA	0	30	51,13	7,56	16,32	2,41	1,10	0,25
S02	ADULTA	PEQUENA	0	21	44,84	5,90	14,30	1,89	1,67	0,17
S03	ADULTA	PEQUENA	0	21	52,86	9,33	16,88	2,98	1,69	0,22
S04	ADULTA	MÉDIO	0	20	15,02	2,23	4,76	0,73	-	-
S05	VELHA	MÉDIO	0	22	27,20	6,16	8,64	1,98	1,44	0,26
S06	JOVEM	PEQUENA	0	20	53,73	10,19	17,14	3,25	1,50	0,28
S07	JOVEM	PEQUENA	0	21	42,93	9,86	13,69	3,14	1,73	0,25
S08	SENESCENTE	GRANDE	0	21	47,00	11,79	15,00	3,78	1,55	0,27

As árvores de porte médio S04 e S05 (árvores adultas) apresentaram um padrão bem abaixo em relação às outras, indicando uma redução na produção de clorofila devido à alguma alteração em sua fisiologia. Esta alteração pode estar ligada ao fato destas já terem atingido sua maturidade e iniciando um processo de declínio ou mesmo a circunstâncias locais às quais estão submetidas.

O baixo índice constatado no exemplar S05, pode ser explicado pelo intenso sombreamento no entorno, uma vez que a árvore está situada numa praça com vegetação densa. Já no caso da espécie S04, situada num local com completa insolação, este resultado pode ser devido a outros fatores, quer sejam bióticos ou abióticos.

A árvore S08, com sinais claros de início de declínio, apresentou um índice compatível com espécies mais novas. Uma das hipóteses que se apresenta se dá pelo fato de ter sido recentemente podada (cerca de um ano), as folhas utilizadas para análise situaram-se no terço inferior da árvore, cuja região apresentava diversas brotações recentes e, portanto, com atividade metabólica mais ativa.

Embora o experimento possua um caráter exploratório, a variação observada no desvio padrão (média de 7,9), foi considerada satisfatória para uma avaliação preliminar, atribuindo uma razoável consistência na avaliação do teor de clorofila das espécies estudadas.

Em termos de metodologia de coleta, foi constatado uma dificuldade na padronização ideal das medições, uma vez que a espécie apresenta folhas com tamanho reduzido e variável. Outro fator passível de provocar variações é a presença de microrganismos, exsudatos ou particulados diversos, depositados ou alojados nas faces da folha, também podem estar interferindo nas leituras, uma vez que podem afetar a leitura pelos sensores óticos do aparelho.

Em relação ao teor de nitrogênio observado, destacam-se os indivíduos S04 e S05 pelos baixos teores observados. Esta deficiência pode estar indicando uma diminuição no seu ritmo de crescimento como indicado também pelo índice *SPAD*, uma vez que são medidas diretamente correlacionadas.

Sobre a condição hídrica das plantas, em função do desvio padrão observado (média 0,24), os dados evidenciam que este parâmetro não apresenta relação direta com as variações analisadas.

Dos indivíduos de *Tabebuia pentaphylla* selecionados para a análise, metade deles não apresentavam sintomas nítidos da presença do fitopatógeno descrito na metodologia, visando identificar eventual relação entre a manifestação de sintomatologia e a atividade fisiológica da árvore, em diferentes situações de crescimento (Tabela 8).

Tabela 8: Medidas teor de clorofila (SPAD), porcentagem de nitrogênio (N%) e densidade equivalente de água (WT – g cm⁻²) de *Tabebuia pentaphylla*.

Código da Amostra	Fase	Porte	Sintoma	Nº. de Amostras	SPAD		N		WT	
					□	σ	□	σ	□	σ
T01	ADULTA	MÉDIO	0	23	49,10	5,50	15,68	1,76	1,55	0,35
T02	ADULTA	MÉDIO	0	22	48,04	4,82	15,32	1,55	1,20	0,19
T03	VELHA	GRANDE	0	24	44,37	13,58	14,15	4,35	1,51	0,25
T04	ADULTA	MÉDIO	0	21	44,16	3,37	14,09	1,08	1,51	0,21
T05	ADULTA	MÉDIO	0	27	43,63	4,88	13,92	1,58	1,36	0,30
T06	ADULTA	MÉDIO	2	35	44,07	8,76	14,06	2,81	1,37	0,28
T07	JOVEM	PEQUENO	1	29	45,10	4,60	14,39	1,48	0,80	0,25
T08	VELHA	GRANDE	2	22	26,72	4,25	8,50	1,36	1,80	0,33
T09	ADULTA	GRANDE	0	20	52,78	6,22	16,83	2,00	1,47	0,19
T10	ADULTA	GRANDE	2	22	40,20	4,79	12,82	1,53	2,01	0,42
T11	ADULTA	MÉDIO	3	28	43,70	10,25	13,94	3,28	1,40	0,28
T12	SENESCENTE	MÉDIO	4	26	29,54	5,25	9,40	1,68	2,08	0,38
T13	JOVEM	PEQUENA	0	20	43,46	4,50	13,85	1,44	1,31	0,19
T14	ADULTA	MÉDIO	4	20	28,71	3,35	9,16	1,07	2,04	0,25

De fato, pode ser constatado que os exemplares T08, T12 e T14, todos bastante afetados pela fitomoléstia, apresentaram índices *SPAD* bem abaixo dos outros exemplares. As árvores T06, T07 e T10, também infectadas, não mostraram uma redução similar, indicando que a resposta fisiológica da planta parece ter uma expressão desuniforme, considerando a árvore com um todo.

Corroborando com essa observação, em diversos indivíduos, foi possível observar que frequentemente apenas alguns setores da copa manifestam sintomas, o que dificulta uma representação adequada nas amostras coletadas. Além disso, as folhas, independentemente de seu estágio de diferenciação, não apresentam sintomas visíveis mesmo sendo provenientes de ápices com superbrotação, conforme pode ser observado na Figura 9.

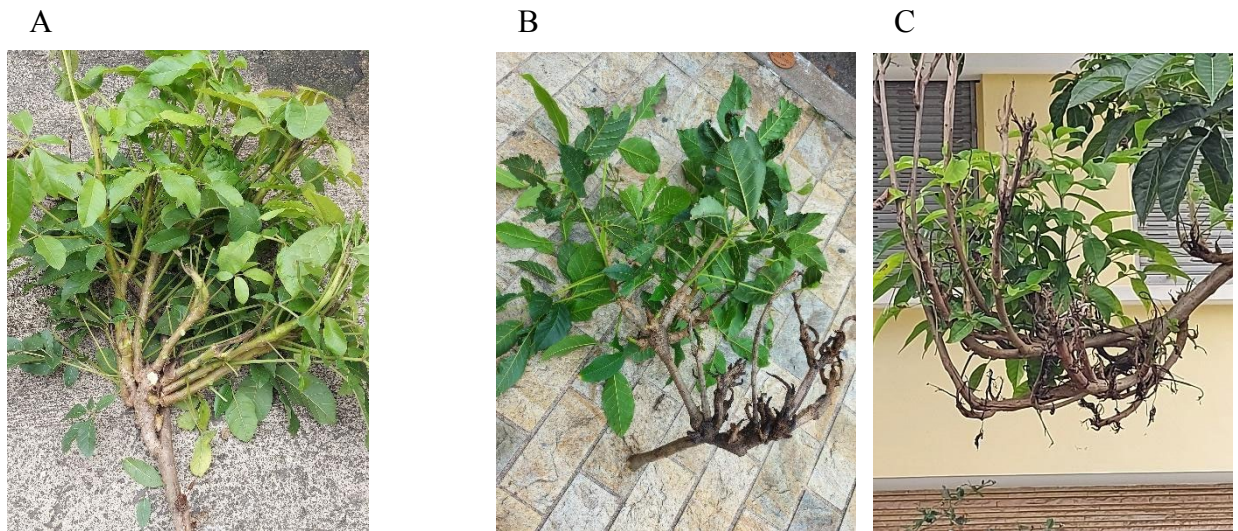


Figura 9: A – árvore T06 com superbrotção inicial; B e C – árvores T14 e T08 com seca de ápices e brotação axilar.

O desvio padrão observado na avaliação do índice *SPAD* de todas as amostras, mostrou-se relativamente consistente, indicando potencial de uso desta metodologia, desde que a padronização de coleta seja otimizada.

Os exemplares em condições mais críticas (T12 e T14), nitidamente foram evidenciados pelo baixo teor de clorofila medido, mostrando, juntamente com o indivíduo T08, os menores índices observados entre todas as árvores testadas. A Figura 10, a seguir, mostram o aspecto geral de algumas árvores em estágio terminal.



Figura 10: A e B – Aspecto geral dos exemplares T12 e T14, com folhas remanescentes, respectivamente.

O baixo índice *SPAD* observado na árvore T08 (28,72), em relação aos outros indivíduos, pode ser explicado por que, diferentemente dos outros espécimes que apresentavam sintomas típico da fitoplasmose, as folhas deste vegetal apresentavam uma sintomatologia diferente conforme pode ser observado na Figura 11 a seguir. Essa variação provavelmente foi devido à grande quantidade de manchas cinzentas presentes nos limbos das folhas terem afetado a leitura

do aparelho. Importante mencionar que de toda a população, da qual selecionou-se indivíduos para serem submetidos à avaliação, este foi o único encontrado apresentando esta sintomatologia, o que sugere tratar-se de uma ocorrência pouco frequente ou mesmo inédita.



Figura 11: A – Folhas com limbo infectado (T08) e B – Aspecto geral da árvore infectada (T08)

Em relação aos teores de Nitrogênio observados, por tratar-se de uma medida correlacionada ao índice SPAD, os indivíduos T08, T12 e T14, também indicaram uma redução substancial (~55%), confirmando o resultado esperado.

A condição hídrica das plantas avaliadas, medida em termos da Densidade Equivalente de Água (*EEA – Equivalent Water Thickness* ou *WT*), apresentou índices que variaram de 1,20 a 2,08, com um desvio padrão relativamente estável. Esses resultados sugerem que não há necessariamente uma relação direta com o índice *SPAD* de cada exemplar. A exceção em relação à médias observadas ocorreu com o indivíduo T07, que pode ser explicada por tratar-se de uma espécie testada na fase jovem, cujas folhas encontravam-se ainda em início de brotação, portanto mais tenras e menos espessas. O indivíduo T13, embora também incluído na nesta fase, apresentava-se mais desenvolvido conforme pode ser observado na Figura 12 a seguir.



Figura 12: A – Aspecto geral da árvore T07 e B – Aspecto geral da árvore T13.

Sobre a aplicabilidade deste parâmetro no escopo da arborização urbana, por tratar-se de uma medida que pode oscilar ao longo de um determinado período, em função de fatores endógenos e exógenos, como por exemplo as condições ambientais, seu uso torna-se bastante limitado, uma vez que as mesmas estão submetidas às condições do clima local. Sendo assim, sua principal utilização diz respeito ao monitoramento de árvores onde situações de estresse hídrico podem ser devidamente controladas mediante estratégias de irrigação outros manejos silviculturais.

No estudo das duas árvores de *Cecropia pachystachya* testadas, em ambas, verificou-se uma redução de cerca de 50% no índice SPAD em relação às medidas das folhas adultas (Tabela 8). Estes dados confirmam preliminarmente o padrão esperado para folhas jovens em relação às folhas maduras. Entretanto, a grande variação observada no desvio padrão, indica que para esta espécie em particular, a metodologia de amostragem deverá ser otimizada em estudos futuros. Em relação à variação entre as árvores, ainda que o número de indivíduos tenha sido reduzido, devido à falta de disponibilidade de material, o índice SPAD observado sugere haver uma similaridade de comportamento. Entretanto, como o desvio padrão oscilou muito e o número de repetições pode estar interferindo significativamente, essa consistência não pode ser confirmada.

Tabela 8: Medidas teor de clorofila (SPAD), porcentagem de nitrogênio (N%) e densidade equivalente de água (WT – g cm⁻²) de *Cecropia pachystachya*.

Código da Amostra	Fase	Porte	Sintoma	Nº. de Amostras	SPAD		N (%)		WT (g/cm ²)	
					□	σ	□	σ	□	σ
CBJ	FOLHAS JOVENS	MÉDIO	0	22	25,23	1,78	8,03	0,57	1,81	0,15
CBA	FOLHAS ADULTAS			36	53,00	3,96	16,91	1,27	1,38	0,15
CWJ	FOLHAS JOVENS	MÉDIO	0	20	19,67	5,13	6,24	1,64	1,24	0,25
CWA	FOLHAS ADULTAS			83	45,48	8,94	14,50	2,86	1,20	0,25

Embora tratando-se de espécies com porte semelhante, o indivíduo CW apresentava evidentes sinais de avançado declínio, o que pode ser constatado pelo afinamento atípico de seus ramos e caule, e grande e generalizada atrofia das folhas. Quanto a porcentagem de N, a relação folha jovem x folha adulta, aproximadamente 1:2, foi mantida ~~nas suas espécies~~ nos indivíduos, apesar das árvores apresentarem grandes diferenças morfológicas, decorrentes de seus estados fisiológicos distintos.

Analisando-se a situação do exemplar CW dentro de uma perspectiva sistêmica, a situação da árvore *in loco*, condições de vegetação e histórico resgatado, constatou-se que a árvore foi plantada em local impróprio para o seu pleno desenvolvimento e expansão satisfatória do seu sistema radicular. A Figura 13, mostra a inexistência de espaço permeável disponível para uma colonização de raízes adequada. Embora seja uma espécie nativa rústica e bastante adaptada a condições adversas, as estruturas de alvenaria existentes no entorno imediato podem restringido significativamente uma exploração mínima de solo para o seu desenvolvimento adequado. Desse modo, o índice *SPAD* observado, associado ao teor de nitrogênio, ambos menores daqueles observados para a espécie CB, corroboram o processo de declínio em curso.



Figura 13: Base caulinar (árvore CW) mostrando a compressão das raízes.

Em relação ao conteúdo hídrico, a espécie CW apresentou menores taxas em ambas as situações (folhas jovens e maduras), correspondendo assim à redução também observada nos outros índices avaliados. Associando estes dados em complementação aos aspectos morfológicos constatados, foi possível estimar com maior precisão a condição de risco apresentada pelo exemplar, sendo posteriormente recomendada, mediante laudo técnico apropriado, sua imediata supressão.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante os ensaios realizados de modo preliminar e prospectivo, foi possível constatar o potencial do clorofilômetro *TYS-4N*, como ferramenta complementar nas avaliações de risco na arborização urbana. As espécies selecionadas para compor o presente estudo são rotineiramente e com grande frequência empregadas nas áreas públicas das cidades, o que indica seu potencial de trazer elementos adicionais válidos e determinantes na avaliação de situações de risco de outras espécies no futuro.

É bem conhecido o alto grau de diversidade entre as espécies empregadas no paisagismo urbano, como também a grande variabilidade de condições de plantio às quais estas encontram-se submetidas. Devido a este fato, há grande dificuldade em se estabelecer critérios metodológicos nas condições urbanas. Para isso é fundamental uma visão crítica e sistêmica para cada exemplar a ser avaliado e, dentro de uma anamnese cuidadosa, e assim precisar quais as melhores metodologias e equipamentos mais adequados a serem utilizados numa dada condição local e para aquela determinada espécie.

7 – CONCLUSÕES

Numa visão geral e considerando o caráter exploratório do estudo, foi possível obter informações relevantes na caracterização do estado das plantas analisadas. Árvores em diferentes condições de vegetação e submetidas a estresses diversos puderam ser avaliadas satisfatoriamente dentro dos parâmetros propostos, e fornecendo informações relevantes no diagnóstico de risco arbóreo.

Em termos de metodologias e equipamentos complementares na análise de risco, a utilização do clorofilômetro de campo, baseado em medições espectrais, empregado no presente estudo, conforme demonstrado, além de prático e pouco oneroso, mostrou ser uma técnica bastante promissora.

No contexto da silvicultura urbana, com base nos dados obtidos, recomenda-se, portanto, estudos subsequentes, baseados nesta metodologia, os quais deverão ser implementados e aprofundados no sentido de estabelecer-se maior precisão de leitura e melhor padronização nos critérios de amostragem e estatística. Uma vez otimizado o processo, é possível que num espaço de tempo relativamente curto, este equipamento possa ser incluído no arcabouço das metodologias auxiliares disponíveis para a finalidade de análises rotineiras de risco na arborização urbana brasileira.

8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTA G.; SILVA P.R.F.; BARTOLINI CG. Clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, v.31, p.715-722, 2001.

ARNON, D.I. 1949. Cooper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxydase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, p.1-15.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.246-3: Florestas urbanas - Manejo de árvores, arbustos e outras plantas lenhosas Parte 3: Avaliação de risco de árvores**. Rio de Janeiro, p.14. 2019.

BAIETTO, M.; POZZI, L.; WILSON, A.D. *et al.* Evaluation of portable MOS electronic nose to detect root rots in shade tree species. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.96, p.117-125, 2013.

BAIETTO, M.; POZZI, L.; WILSON, A.D. *et al.* Evaluation of three electronic noses for detecting incipient wood decay, **Sensors**, v.10, n.2, p.117-1062-1092, 2010.

BACKES, A.; NARDINO, M. **Árvores, arbustos e algumas lianas nativas no Rio Grande do Sul**. 2ª. Ed., São Leopoldo: Ed. Unisinos, 202p., 2002.

BARTHÉLÉMY, D.; CARAGLIO, Y. Plant Architecture: A dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny. **Annals of Botany**, v.99, p.375-407, 2007.

BLACKMER, T.M.; SCHEPERS, J.S. Use of a chlorophyll meter to monitor nitrogen status and schedule fertigation for corn. **Journal Production Agriculture**, v.8, p.56-60, 1995.

BORELLA, J.; MARTINAZZO, E.G.; AUMONDE, T.Z. Atividade alelopática de extratos de folhas de *Schinus molle* L. sobre a germinação e o crescimento inicial do rabanete. **Revista Brasileira de Biociências**, v.9, n.3, p.398-404, 2011.

CAMPOS, C.N.S.; MINGOTTE, F.L.C.; PRADO, R.M.; WADT, P.G.S. Introdução à nutrição e adubação de plantas, p.9-26. In: **Nutrição e Adubação de Espécies Florestais e Palmeiras**. Funep: Jaboticabal, SP, 507p., 2014.

CALLOW, D.; MAY, P.; JOHNSTONE, D.M. Tree Vitality Assessment in Urban Landscapes. **Forests**, v.9, p.279, 2018.

CORDEIRO, S.Z. *Schinus terebinthifolia* Raddi – **Anacardiaceae**. In: Herbário HUNI, UFRJ Rio de Janeiro, RJ, 2020. Disponível em: < <http://www.unirio.br/ccbs/ibio/herbariohuni/schinus-terebinthifolia-raddi> >. Acesso em: 23 fev. 2023.

DRÉNOU, C. **La taille des arbres d'ornement**. 2^a.ed. CNPF: Toulouse, France, 317p., 2021.

DUNSTER, J.A.; SMILEY, E.T.; MATHENY, N.; LILLY, S. **Tree Risk Assessment Manual**. International Society of Arboriculture: Champaign, IL., 194p., 2017.

ELLISON, M. **Quantified risk assessment**. Proc. Workshop, Westonbirt, U.K., july, 2003.

ELLISON, M. Quantified risk assessment used. in the management of amenity trees. **Journal of Arboriculture**, v.31,n.2, p.57-65, 2005.

FERREIRA, M.M.M.; *et al.* Índice SPAD e teor de clorofila no limbo foliar do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. **Revista Ceres**, v.53, p.76-85, 2006.

FILIP, G. M.; *et al.* **Field guide for hazard-tree identification and mitigation on developed sites in Oregon and Washington forests**. U.S. Department of Agriculture – USDA/Forest Service, Oregon Department of Forestry, Washington State Department of Natural Resources, 120p., 2014.

FONTES, P.C.R.; ARAÚJO, C. **Adubação nitrogenada de hortaliça: princípios e práticas com o tomateiro**. UFV: Viçosa, MG, 148p., 2007.

FONTES, P.C.R.; ARAÚJO, C. Use of chlorophyll meter and plant visual aspects for nitrogen management in tomato fertigation. **Journal of Applied Horticulture**, v.8, n.1, p.8-11, 2006.

FONTES, P.C.R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. UFV: Viçosa, MG, 122p., 2006.

- FONTES, P.C.R. **Nutrição Mineral de Plantas**. UFV: Viçosa, MG., 315p., 2016.
- FURTINI NETO, A.E.; SIQUEIRA, J.S.; CURTI, N.; MOREIRA, F.M.S. Fertilização em reflorestamento com espécies nativas. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, cap.12, p.351-383, 2000.
- GAGLIOTI, A.L.; AGUIAR, D.P.P. *Cecropia* in Flora e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB15041> >. Acesso em: 8 mar. 2023
- GALDEANO, D.M. **Indução de resistência e expressão de genes de defesa em cafeeiro a *Cercospora coffeicola***. Dissertação de Mestrado. Instituto Biológico, São Paulo, SP, 115p., 2010.
- GIL, P.T.; *et al.* Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio e para o prognóstico da produtividade de batata. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, p.611-615, 2002.
- GREY, W.; DENEKE, F.J. **Urban Forestry**. New York: John Wiley, 279p., 1978.
- INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE. **Recognizing Tree Risk**. ISA: Champaign, Il, 2p., 2017.
- JOHNSTONE, D.; *et al.* The measurement of plant vitality in landscape trees. **Arboriculture Journal**, v.35, p.18-17, 2013.
- JUNGST, S. Iowa public tree inventory system. **Journal of Arboriculture**, v.9, n.9, p.244-247, 1983.
- LILLY, S.J. **Guia de Estudo para a Certificação do Arborista**. International Society of Arboriculture: Champaign, IL, 377p., 2015.
- MAGGIO, R.C.A. A geographically referenced tree inventory system for microcomputers. **Journal of Arboriculture**, v.15, n.10, p.246-250. 1986
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 439p., 2005
- MARGATO, D.P.B.; OLIVATO, G.B.; LISBOA, J.R.F. *et al.* Dermatites de contato causadas por aroeiras (*Anacardiaceae*) no estado de São Paulo, Brasil. **Diagn Tratamento**, v.24, n.4, pp.153-7, 2019.
- MARTINEZ, P.C.; DIAZ, M.I.I. **El Riesgo del Arbolado Urbano – Contexto, concepto y evaluación**. Espanha: Ediciones Mundi-Imprensa, 503p., 2016.
- MATTECK, C.; BRELOER, H. Field guide for visual tree assessment (VTA). **Arboricultural Journal**, v.18, p.1-23, 1994.
- MATHENY, N.; CLARK, J. **A Photographic Guide To The Evaluation of Hazard Trees in Urban Areas**. 2a. ed. International Society of Arboriculture: Savoy, IL. 85p., 1994.

MELVILLE, T.C. The witches' broom of *Tabebuia pallida* in Puerto Rico. **The Journal of Agric. of the Univ. of Porto Rico**, p.441-443, 1938.

MENEZES FILHO, A.C.P. *Schinus molle* e *Schinus terebinthifolius*: revisão sistemática da classificação, e aspectos químicos, fitoquímicos, biológicos e farmacobotânicos. **Brazilian Journal of Natural Sciences**, v.3, n.3, nov. 1994, versão eletrônica.

MILANO, M.S.; DALCIN, E. **Arborização de Vias Públicas**. Rio de Janeiro: Light, 206p., 2000.

MILANO, M.S. Áreas verdes e arborização urbana. In: Encontro Internacional de Urbanismo, 2º. – **URBE-6 - Anais**. Maringá, 1991.

MILANO, M.S. Arborização Urbana. In: **Curso sobre Arborização Urbana**. Curitiba: Universidade Livre do Meio Ambiente, p.1-52, 1993.

OSTBERG, J.A.; SANDBERG, K.; WISTROM, B. Rating of parameters used to assess tree vitality by urban foresters and ecologists in Sweden, using the Delphi method. **Urban Forestry & Urban Greening**, v.62, p.1-10, 2021

PALERMO, L.F.; SILVA, L.V.; FARIAS, A.P.G. O engenheiro agrônomo e suas ferramentas. **Jornal AEARJ**. RJ: Rio de Janeiro, ano 7, n.9, Especial, p.15-17, 2021.

PIMENTEL, J.P.; BRIOSO, P.S.T.; CUNHA JÚNIOR, J.O.; MONTANO, H.G. Envassouramento do ipê-rosa (*Tabebuia pentaphylla*), enfermidade associada a fitoplasma no Brasil. In: **Anais XL Congr. Brasil. de Fitopatologia**, Maringá, 2007.

POWO. **Plants of the World Online**. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. Disponível em: < <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:111027-1> >. Acesso em: 2 abr. 2023.

PÔRTO, M.L.; *et al.* Índice SPAD para o diagnóstico do estado de nitrogênio na cultura da abobrinha. **Horticultura Brasileira**. v.29, p.311-315, 2011.

RHOADS, A.F.; MEYER, P.W.; SANFELIPPO, R. Performance of urban street trees evaluated. **Journal of Arboriculture**, v.7, n.5, p.127-132, 1981.

SABATIER, S.; CARAGLIO, Y.; DRÉNOU, C. L'architecture des arbres au service des forestiers. **Innovations Agronomiques**, v.40, p.119-128, 2014.

SiBBr – Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira. *Cecropia pachystachya* Trécul – Embaúba. Disponível em: < <https://ala-bie.sibbr.gov.br/ala-bie/species/282543#literature> >. Acesso em: 23 fev. 2023.

SEITZ, R. A. A avaliação visual das árvores de risco. **Revista Ação Ambiental**. v.33, p.15-20, 2005.

SEPÚLVEDA, P.; JOHNSTONE, D.M. A Novel Way of Assessing Plant Vitality in Urban Trees. **Forests**, v.10, n.2, p.1-18, 2019.

SILVA, A.G. **Histologia e influência de nutrientes na intensidade da bacteriose foliar do eucalipto causada por *Xanthomonas axonopodis***. Tese de Doutorado. UFV, Voçosa, MG, 71p., 2007.

SCHEPERS, J.S.; FRANCIS, D.D.; VIGIL, M.; BELOW, F.E. Comparison of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.23, n.17/20, p.2173-2187, 1992.

STRABELI, T.F.; FIORIO, P.R.; RÉ, N.C. *et al.* Modelos espectrais para a estimativa do conteúdo de água em folhas de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, 51, e3941. Disponível em: <<https://doi.org/10.18671/scifor.v50.49>>. Acesso em: 23 fev. 2023.

THURMAN, P.W. The management of urban street trees using computerized inventory systems. **Arboriculture Journal**, v.7, p.101-117, 1983

WESSOLY, L. Fracture Diagnosis of Trees Part 1, 2, 3: Statics-Integrated Methods – Statically-Integrated Assessment (SIA), The Practitioner's Method of Diagnosis. **Stadt und Gruen**, v.6, 8, 9, p.416-422, p.570-573, p.635-640, 1995.

YAMAMOTO, A.; NAKAMURA, T.; ADU-GYAMFI, J.J.; SAGUSA, M. Relationship between chlorophyll content in leaves of sorghum and pigeonpea determined by extraction method and by chlorophyll meter (SPAD-502). **Journal of Plant Nutrition**, v.25, n.10, p.2295-2301, 2002.

YANG, H.; YANG, J.P.; LV, Y.; HE, J. *SPAD* values and nitrogen nutrition index for the evaluation of rice nitrogen status. **Plant Production Science**, v.17, n.1, p.81-92, 2014.