

DANIELA BIONDI

CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE
Acer negundo L. E *Tabebuia chrysotricha* (MART, EX DC.)
STANDL UTILIZADAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA
DE CURITIBA - PR.

Tese apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Doutor em Ciências
Florestais. Curso de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, Universidade Federal
do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann

CURITIBA

1995

MINISTERIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

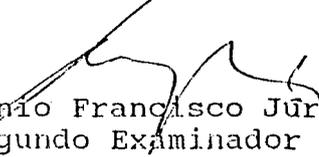
P A R E C E R

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal reuniram-se para realizar a arguição da Tese de Doutorado apresentada pela candidata DANIELA BIONDI, sob o título "CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DE *Acer negundo* L. E. *Tabebuia chrysotricha* (MART) STANDL UTILIZADAS NA ARBORIZAÇÃO URBANA DE CURITIBA-PR, para obtenção do grau de Doutor em Ciências Florestais - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Área de concentração em SILVICULTURA. Após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata são de parecer pela "APROVAÇÃO" da Tese com média final: (9,70), correspondente ao conceito: (A).

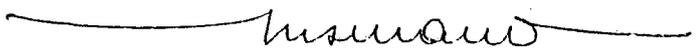
Curitiba, 01 de fevereiro de 1995



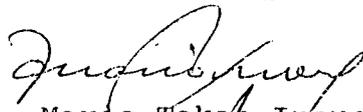
Prof. Dr. Sergio Valiengo Valeri
Primeiro Examinador



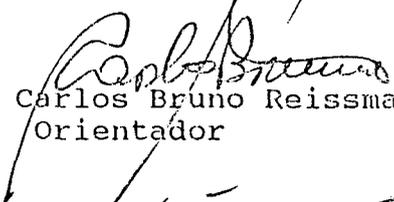
Prof. Dr. Antonio Francisco Jurado Bellota
Segundo Examinador



Prof. Dr. Miguel Serediuk Milano
Terceiro examinador



Prof. Dr. Mario Takao Inoue
Quarto Examinador



Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann
Orientador



Brasil nunca vou te trair,
confie em mim.

Cazuza

Aos meus filhos, Giuseppe e Giuliano,
onde deposito minha esperança
de um mundo melhor.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- À UFRPE pelo apoio e oportunidade de realizar este curso.
- Ao Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann pelo estímulo, orientação, respeito e amizade.
- À Fundação O Boticário pelo financiamento da tese, especialmente ao Diretor Técnico Prof. Dr. Miguel S. Milano que acreditou na importância desta pesquisa.
- Aos membros do comitê de orientação: Prof. PhD. Flávio F. Kirchner, Prof. Dr. Mario T. Inoue e Prof. Dr. Miguel S. Milano.
- Ao Setor de Pesquisa e Monitoramento Ambiental da Prefeitura de Curitiba, especialmente à geógrafa Dayse Cristina Senna Lorusso, pelo apoio dado.
- Ao Setor de Produção Vegetal e a Divisão de Arborização Pública da Prefeitura de Curitiba, pelas informações, concessão e colaboração na coleta de material vegetal nas ruas.
- À Engenheira Florestal Ruth B. Quadros pelo apoio na fase de análise foliar e principalmente pela amizade e conforto nas horas que mais precisei.
- Aos estagiários do Curso de Engenharia Florestal Marvie T. Antonelli e Ricardo M. Mores pela dedicação e ajuda na fase de coleta de dados e material vegetal.
- Ao pesquisador da Embrapa-CNPQ MSc. Edilson B. Oliveira pela orientação e apoio nas análises estatísticas.
- Aos laboratoristas do Departamento de Solos Aldair M. Munhoz e Rui B. da Silva pelo apoio nas análises.
- Ao professor Antonio Carlos V. Motta pela orientação e auxílio na interpretação das análises físicas e químicas do solo.
- Ao Prof. PhD. Ronaldo V. Soares pela oportuna ajuda na fase de redação.
- Às bibliotecárias do Setor de Ciências Agrárias, especialmente Doroti M. L. Andrade pelas correções das referências bibliográficas.
- À FUNPAR pelo apoio na administração dos recursos financiados.

- Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais pela dedicação e atenção durante o curso.

- Especialmente ao meu marido Eng. Florestal MSc. Antonio Carlos Batista e meus filhos Giuseppe e Giuliano pelo amor, dedicação, compreensão e paciência em todas as fases desta pesquisa.

- Ao meu filho Giuseppe Biondi Batista pela revisão final da redação.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO	xiv
ABSTRACT	xv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 CONDIÇÕES AMBIENTAIS DA ARBORIZAÇÃO URBANA.....	3
2.1.1 Clima urbano.....	3
2.1.2 Poluição atmosférica.....	6
2.1.3 Solo urbano.....	9
2.2 VIGOR DAS ÁRVORES URBANAS.....	14
2.2.1 Parâmetros para avaliar o vigor das árvores.....	15
2.2.2 Fatores que afetam o vigor das árvores.....	18
2.3 NUTRIÇÃO DAS ÁRVORES URBANAS.....	23
2.4 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DAS ÁRVORES URBANAS.....	25
2.4.1 Análise visual.....	26
2.4.2 Análise foliar.....	27
2.4.3 Análise de solo.....	30
2.5 FOTOSSÍNTESE E O AMBIENTE URBANO.....	31
3 MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1 CIDADE DE CURITIBA.....	35
3.2 IPÊ - <i>Tabebuia chrysotricha</i> (Mart ex DC) Standl.....	36
3.3 ACER - <i>Acer negundo</i> L.....	36
3.4 SELEÇÃO E COLETA DO MATERIAL ESTUDADO.....	37

3.4.1 Seleção das espécies.....	37
3.4.2 Seleção dos locais.....	38
3.4.3 Seleção das árvores.....	39
3.4.4 Parâmetros de vigor qualitativos.....	39
3.4.5 Parâmetros de vigor quantitativos.....	41
3.4.6 Coleta e amostragem do material vegetal.....	42
3.4.7 Coleta de folhas senescentes das árvores de acer.....	43
3.4.8 Coleta de solo.....	44
3.5 ANÁLISE DE NUTRIENTES.....	45
3.5.1 Análise química foliar.....	45
3.5.2 Análise química e física do solo.....	45
3.6 ANÁLISE DE PIGMENTOS FOLIARES.....	46
3.6.1 Seleção das árvores e locais.....	46
3.6.2 Extração e determinação dos pigmentos foliares.....	46
3.7 PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4.1 ANÁLISE VISUAL.....	49
4.1.1 Parâmetros de vigor qualitativos.....	49
4.1.1.1 Acer.....	49
4.1.1.2 Ipê.....	53
4.1.2 Parâmetros de vigor quantitativos.....	57
4.1.2.1 Acer.....	57
4.1.2.2 Ipê.....	62
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO UTILIZADO PELAS ÁRVORES URBANAS.....	64
4.2.1 Acer.....	65
4.2.2 Ipê.....	68
4.2.3 Análise de pH dos solos utilizados pelo acer e ipê em diferentes	

condições de plantio.....	71
4.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR.....	72
4.3.1 Acer.....	72
4.3.2 Ipê.....	80
4.4 CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS DE VIGOR, COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR E CARACTERES DO SOLO.....	88
4.4.1 Correlação entre os parâmetros de vigor e a composição química foliar.....	88
4.4.2 Correlação entre os parâmetros de vigor e caracteres físicos do solo.....	90
4.4.3 Correlação entre a composição química foliar e os caracteres físicos e químicos do solo.....	90
4.5 RELAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE N:P:K NAS ÁRVORES.....	91
4.6 ANÁLISE DAS ÁRVORES DE ACER COM FOLHAS DE SENESCÊNCIA PRECOCE.....	94
4.6.1 Análise dos parâmetros de vigor qualitativos.....	94
4.6.2 Análise dos parâmetros de vigor quantitativos.....	97
4.6.3 Caracterização do solo utilizado pelas árvores de acer com folhas senescentes.....	98
4.6.4 Análise do peso de cem folhas senescentes.....	99
4.6.5 Composição química das folhas senescentes.....	100
4.6.6 Estimativa da redistribuição e acúmulo de nutrientes e Al nas folhas senescentes.....	103
4.7 ANÁLISE DE PIGMENTOS FOLIARES.....	108
4.7.1 Acer.....	108
4.7.2 Ipê.....	111
5 CONCLUSÕES.....	114
ANEXOS.....	116
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	132

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE FIGURAS

1	TEORES DE N, P, K, Ca E Mg NAS FOLHAS SENESCENTES DE ACER.....	101
2	TEORES DE Fe, Mn, Cu, Zn E Al NAS FOLHAS SENESCENTES DE ACER.....	102

LISTA DE ABREVIATURAS

AF	- Área foliar
C _a	- Clorofila a
Car	- Carotenóides
C _b	- Clorofila b
C. G.	- Canteiro gramado
C. G. R.	- Canteiro gramado em local residencial
C. Q. Foliar	- Composição química foliar
C. Solo	- Caracteres do solo
Coef.	- Coeficiente
C _t	- Clorofila total (Ca + Cb)
DCo	- Diâmetro de copa
ER	- Elongação dos ramos
Frut.	- Frutificada
G.	- Galhos
Inf.	- Inferior
N. Frut.	- Não frutificada
PAP	- Perímetro a altura do peito
Parq.	- Parque
Pav.	- Pavimentada
PCF	- Peso de cem folhas
P.Pol.	- Pavimentada em local poluído
P. Res.	- Pavimentada em local residencial
PR	- Peso dos ramos
P. Vigor	- Parâmetros de vigor
Urb.	- Urbano

LISTA DE TABELAS

1	VALORES PERCENTUAIS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUALITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER DE ÁREA PAVIMENTADA.....	50
2	VALORES PERCENTUAIS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUALITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER DE CANTEIRO GRAMADO.....	51
3	VALORES PERCENTUAIS DAS NOTAS RELATIVAS A COLORAÇÃO DA FOLHAGEM DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.....	52
4	VALORES PERCENTUAIS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUALITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.....	53
5	VALORES PERCENTUAIS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUALITATIVOS DAS ÁRVORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO DE LOCAL RESIDENCIAL.....	54
6	VALORES PERCENTUAIS DAS NOTAS RELATIVAS A COLORAÇÃO DA FOLHAGEM DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE IPÊ DE LOCAL POLUÍDO E RESIDENCIAL.....	55
7	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUANTITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER, FRUTIFICADAS E NÃO FRUTIFICADAS, DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.....	57
8	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUANTITATIVOS DAS ÁRVORES DE ACER DE PARQUE COM ÁRVORES DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.....	61

9	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUANTITATIVOS DAS ÁRVORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL E DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.....	62
10	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUANTITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.....	63
11	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUANTITATIVOS DAS ÁRVORES DE IPÊ DE PARQUE COM ÁRVORES DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL E DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.....	64
12	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SOLOS URBANOS UTILIZADOS PELAS ÁRVORES SUPERIORES (URB 1) E INFERIORES (URB 2) DE ACER, A 0-30 CM DE PROFUNDIDADE.....	65
13	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SOLOS URBANOS UTILIZADOS PELAS ÁRVORES SUPERIORES (URBANO 1) E INFERIORES (URBANO 2) DE ACER, A 0-30 CM DE PROFUNDIDADE.....	66
14	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SOLOS URBANO E DE PARQUE UTILIZADOS PELAS ÁRVORES DE ACER, A 0-30 CM DE PROFUNDIDADE.....	67
15	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SOLOS URBANO E DE PARQUE UTILIZADOS PELAS ÁRVORES DE ACER, A 0-30 CM DE PROFUNDIDADE.....	68
16	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SOLOS URBANO E DE PARQUE UTILIZADOS PELAS	

	ÁRVORES DE IPÊ, A 0-30 CM DE PROFUNDIDADE.....	69
17	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SOLOS URBANO E DE PARQUE UTILIZADOS PELAS ÁRVORES DE IPÊ, A 0-30 CM DE PROFUNDIDADE.....	70
18	VALORES MÉDIOS E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DE pH DOS SOLOS UTILIZADOS PELAS ÁRVORES DE ACER E IPÊ EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE PLANTIO.....	71
19	COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER DE ÁREA PAVIMENTADA.....	73
20	COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER DE CANTEIRO GRAMADO.....	74
21	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER, FRUTIFICADAS E NÃO FRUTIFICADAS, DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.....	75
22	COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES DE ACER DE PARQUE.....	78
23	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES DE ACER DE PARQUE COM ÁRVORES DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.....	79
24	COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.....	81
25	COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL.....	82
26	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR	

	DAS ÁRVORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL E ÁRVORES SUPERIORES DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.....	83
27	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.....	85
28	COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES DE IPÊ DE PARQUE.....	86
29	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES DE IPÊ DE PARQUE COM ÁRVORES DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL E DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.....	87
30	RELAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE N:P:K DAS ÁRVORES DE ACER.....	91
31	RELAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE N:P:K DAS ÁRVORES DE IPÊ.....	92
32	VALORES PERCENTUAIS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUALITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER COM FOLHAS SENESCENTES DE ÁREA PAVIMENTADA.....	94
33	VALORES PERCENTUAIS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUALITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER COM FOLHAS SENESCENTES DE CANTEIRO GRAMADO.....	95
34	VALORES PERCENTUAIS DAS NOTAS RELATIVAS A COLORAÇÃO DA FOLHAGEM DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.....	96
35	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUANTITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER COM FOLHAS SENESCENTES, FRUTIFICADAS E	

	NÃO FRUTIFICADAS, DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.....	97
36	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DOS SOLOS UTILIZADOS PELAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER COM FOLHAS SENESCENTES DE CANTEIRO GRAMADO.....	98
37	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO PESO DE CEM FOLHAS SENESCENTES DE ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER, FRUTIFICADAS E NÃO FRUTIFICADAS, DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.....	100
38	ESTIMATIVA DA REDISTRIBUIÇÃO DE N, P E K DAS FOLHAS SENESCENTES DE ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER, FRUTIFICADAS E NÃO FRUTIFICADAS, DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.....	103
39	ESTIMATIVA DA PERCENTAGEM DE ACÚMULO DO Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn E Al NAS FOLHAS SENESCENTES DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER, FRUTIFICADAS E NÃO FRUTIFICADAS, DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.....	104
40	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILAS E CAROTENÓIDES (mg. m ⁻²) EM FOLHAS DE ACER DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.....	108
41	RELAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE N:P:K DAS ÁRVORES DE ACER AMOSTRADAS PARA ANÁLISE DE PIGMENTOS.....	109
42	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILAS E CAROTENÓIDES (mg. m ⁻²) EM FOLHAS DE ACER DE PARQUE COM ÁRVORES DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.....	109
43	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILAS	

	E CAROTENÓIDES (mg. m ⁻²) EM FOLHAS DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO, E DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL.....	111
44	RELAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE N:P:K DAS ÁRVORES DE IPÊ AMOSTRADAS PARA ANÁLISE DE PIGMENTOS.....	112
45	COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILAS E CAROTENÓIDES (mg. m ⁻²) EM FOLHAS DE IPÊ DE PARQUE COM AS DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO, E DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL.....	112

RESUMO

Com duas das espécies mais plantadas nas ruas da cidade de Curitiba-PR, *Acer negundo* L. e *Tabebuia chrysotricha* (MART ex DC.) STANDL (ipê), realizou-se esta pesquisa com os seguintes objetivos: caracterizar o estado nutricional das espécies, investigar a relação da composição química foliar com os fatores ambientais em termos de estresse nutricional, condições do solo e poluição atmosférica e caracterizar o solo urbano. Para compor os tratamentos, foram selecionados os seguintes locais: de tráfego intenso, considerados poluídos, de tráfego mediano, residenciais e de parques, arboretos pouco alterados pela urbanização e protegidos da poluição urbana. Foram selecionadas árvores de área pavimentada (árvores crescendo circundadas pela pavimentação), de canteiro gramado (árvores crescendo com área livre de pavimentação, com gramado na superfície do solo) e parque (árvores crescendo livremente, sem obstáculos físicos). Foram selecionadas visualmente árvores de padrão superior (com melhores condições fitossanitárias e estéticas) e inferior (com algum problema estético ou fitossanitário). Para a avaliação nutricional das árvores, utilizou-se análise visual com parâmetros de vigor qualitativos e quantitativos e análise química foliar para quantificar os elementos químicos. A análise do solo foi efetuada com relação a granulometria e a determinação dos elementos trocáveis, além do pH e C. Foi realizada a análise de pigmentos foliares. Foram coletadas também folhas de acer com amarelecimento precoce das árvores de diferentes padrões e condições de plantio. Constatou-se que a análise visual de parâmetros de vigor qualitativos não possibilitou diferenciar os padrões das árvores e as condições de plantio. Na análise visual de parâmetros de vigor quantitativos, o diâmetro de copa, peso de cem de folhas e área foliar de acer permitiram distinguir o padrão das árvores, condições de plantio e o estágio fenológico da árvore, enquanto o diâmetro de copa, perímetro a altura do peito e alongação dos ramos de ipê distinguiram o padrão superior do inferior e o perímetro a altura do peito distinguiu as condições de plantio. Os resultados obtidos da análise de solo, revelaram que o pH do solo urbano é elevado, provavelmente devido a incorporação de materiais antrópicos. O pH mais alto do solo foi encontrado nas áreas pavimentadas. O processo de urbanização não alterou a classe textural do solo no meio urbano. Quimicamente, o solo urbano caracterizou-se como potencialmente fértil. Concluiu-se através da análise química foliar de acer que: não houve diferença significativa entre os teores de nutrientes das árvores superiores e inferiores, a frutificação alterou a concentração de K, Ca, Mg e Cu, e as árvores de área pavimentada e canteiro gramado foram diferenciadas pelos teores de P, Mn e Cu. Com o ipê, os teores de P e Zn diferenciaram as árvores superiores das inferiores e os teores de Cu e Zn diferenciaram as árvores das três condições de plantio. A relação dos teores foliares de N:P:K de acer e ipê foram acima da relação ótima estabelecida por BINNS (1983). A análise das folhas senescentes de acer permitiu concluir que: o peso de cem folhas foi um bom parâmetro para caracterizar a senescência; os elementos N, P, K, apresentaram-se móveis e os elementos Ca, Mg, Mn, Cu, Zn e Al imóveis, o Zn nas folhas senescentes das árvores inferiores indicou que a mobilidade deste elemento depende de sua concentração nas folhas, e que esta espécie é eficiente na reutilização dos nutrientes N, P e K no meio urbano. Nas duas espécies houve várias correlações significativas entre parâmetros de vigor, composição química foliar e caracteres físicos e químicos do solo. Através da análise de pigmentos concluiu-se que a concentração de pigmentos foliares de acer foi elevada em locais menos sujeitos à poluição e não foi alterada pelas condições de plantio enquanto para o ipê ocorreu o inverso.

ABSTRACT

This research dealt with two of the most planted urban tree species in the city of Curitiba-PR, *Acer negundo* (acer) and *Tabebuia chrysotricha* (MART. ex DC.) STANDL (ipê). The objectives of the study were: to characterize the nutritional state of the species, to investigate the relationships between chemical foliar composition and environmental factors regarding to nutritional stress, soil conditions, and atmospheric pollution, and to characterize urban soils. To compose the treatments four sites were selected: one with intense traffic and polluted, one with medium traffic, one with residences, and city parks with small urbanization influence and protected from pollution. The treatments included also trees growing on paved areas (surrounded by pavement), on grass covered areas (unpaved with grass in the soil surface), and on parks (trees growing without any physical obstruction). Standard superior (with good aesthetic and phytosanitary conditions) and inferior (with aesthetic and phytosanitary problems) trees were selected. Visual analysis based on qualitative and quantitative vigor parameters was used to evaluate the nutritional state of the trees. Foliar chemical analysis was used to quantify the chemical elements. Soil analysis was done in relation to granulometry, exchangeable elements, pH, and C. A pigment analysis of the leaves was made to evaluate its concentration in the different sites. Early yellowing acer leaves from different standard trees and planting conditions were collected to analyze the senescence process. Visual analysis based on parameters of qualitative vigor did not allow the differentiation between the trees standards or the planting conditions. In the visual analysis of the parameters of quantitative vigor, crown diameter, weight of one hundred leaves, and leaf area allowed to differentiate the tree standard, planting conditions, and tree phenology for acer, while for ipê the parameters perimeter at breast height, crown diameter and branch elongation allowed to differentiate standard superior by inferior, while perimeter at breast height distinguished planting conditions. The results of soil analysis showed a significant increase on pH in urban soils, probably due to antropic material addition. The highest level of pH was found in the paved areas. The urbanization process did not modify the soil texture in the urban environment. Chemically, the urban soil was characterized as potentially fertile. The foliar chemical analysis of acer showed no significant difference between nutrient contents of superior and inferior trees; the fruitification process modified the foliar chemical concentration of K, Ca, Mg and Cu, and the paved and grass sites trees were differentiated by P, Mn, and Cu contents. For ipê, P and Zn contents could separate superior and inferior trees. Cu and Zn contents separated the three planting conditions. The NPK ratio of foliar contents for acer and ipê was higher than the optimum level established by BINNS (1983). The senescent leaves analysis allowed to conclude that the weight of one hundred leaves was a good parameter to characterize the senescence. N, P, and K presented mobility in the trees and Ca, Mg, Mn, Cu, and Zn were immobile; Zn in senescent leaves of inferior trees indicated that element mobility depends of its concentration in the leaves, and acer was efficient to reutilize N, P, and K in urban environment. Both species presented several significant correlations among vigor parameters, foliar chemical composition, and soil physical and chemical characteristics. Through the pigment analysis, it was found that acer foliar pigment concentrations were higher on polluted sites and did not present any changes regarding planting conditions, while for ipê the opposite occurred.

1 INTRODUÇÃO

Quase sempre, as árvores de ruas estão sob algum tipo de estresse ambiental, ou seja, estão sujeitas a tensões tanto bióticas como abióticas do meio urbano. Universalmente, o ambiente urbano é caracterizado pelas suas condições severas e geralmente de maneira oposta às condições do ambiente natural. Futuramente, as áreas urbanas vão ocupar grande parte do planeta pois as cidades proporcionam maiores e melhores oportunidades de sobrevivência ao homem. Com a expansão destas áreas e juntamente com o desenvolvimento da sociedade tecnológica, os espaços de uma cidade passam a ser extremamente competitivos com o grande número de aglomerados habitacionais e outras estruturas urbanas. Em pouco tempo, a combinação destas fontes de poluição chegam a prejudicar as pessoas, edificações, patrimônios públicos, solo, água, ar e principalmente a vegetação local. Todavia, a arborização urbana precisa cada vez mais ser eficiente e eficaz para desempenhar plenamente seu papel estético, regulador climático e mitigador dos efeitos danosos da poluição. Quando os fatores do ambiente urbano apresentam-se extremamente hostis à arborização urbana, as árvores precisam estar munidas de vigor para reagir sem apresentar danos visíveis que afetem a sua performance e comprometam a sua permanência no local. O vigor da árvore poderá dar maior capacidade de tolerância aos diversos efeitos nocivos do meio. O declínio do vigor, correlacionado direta ou indiretamente com a carência nutricional de minerais na planta, geralmente aumenta a suscetibilidade a vários fatores presentes no meio urbano como: pragas, doenças, podas sucessivas, poluição do ar, do solo e iluminação contínua. Todos estes fatores provavelmente podem provocar alterações tanto fisiológicas como morfológicas nas árvores.

O estudo nutricional de árvores ainda é muito relacionado à produtividade, a uma quantificação palpável e concreta, como acontece na agricultura e na silvicultura. Enquanto na arborização urbana, estes valores quantitativos precisam ser contrabalançados com valores estéticos, que obviamente exprimem um bom funcionamento da árvore. A aplicação dos

conhecimentos da nutrição como base às práticas de manutenção da arborização urbana é, no Brasil, quase inexistente. Quando iniciada, esta aplicação poderá servir como um banco de respostas a inúmeros problemas que as árvores urbanas vem apresentando nos últimos anos; poderá ser uma base para prescrições de fertilizantes, abandonando as tradicionais fórmulas generalizadas; pode vir a diminuir os custos de manutenção, atingindo o alvo certo do problema exposto; e pode ainda desmitificar muitos fatos relacionados com o ambiente urbano, que ainda se tem por puro desconhecimento.

No manejo de árvores de ruas, pode-se fazer muito pouco quando é ignorado o estado nutricional característico da cada espécie e os fatores ambientais que regulam a quantidade de nutrientes absorvidos pela planta. Com a iminente necessidade de se obter conhecimentos que sirvam de suporte à futuras pesquisas específicas em nutrição de árvores urbanas, realizou-se este trabalho de caráter exploratório que, no universo de informações entre as árvores e o ambiente, limitou-se a atingir os seguintes objetivos:

- a) investigar a relação da composição química foliar do *Acer negundo* L. e *Tabebuia chrysotricha* (MART, ex DC.) STANDL utilizadas na arborização urbana de Curitiba - PR, com os fatores ambientais em termos de estresse nutricional, condições do substrato e poluição atmosférica;
- b) caracterizar o solo urbano e o estado nutricional das duas espécies;
- c) testar a metodologia aplicada na caracterização do estado nutricional das duas espécies;
- d) relacionar os fatores do meio urbano com a senescência precoce das folhas do *Acer negundo*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONDIÇÕES AMBIENTAIS DA ARBORIZAÇÃO URBANA

Por volta do ano 2000, mais da metade dos habitantes do planeta estarão vivendo em áreas urbanas. Este fato provavelmente vai afetar significativamente as relações do homem com as árvores e as florestas. A degradação ambiental nas cidades, áreas peri-urbanas e até mesmo áreas rurais é o resultado do crescimento populacional que se esforça para manter suas necessidades de alimentação, energia e habitação. Com qual taxa de crescimento acelerado das cidades, os problemas mais comuns com a população e o ambiente são também aumentados na sua dimensão como: qualidade e altas temperaturas do ar, aumento do nível de ruído, estresse psicológico e uma redução do senso de comunidade (URBAN..., 1993). Com esta prognose, o ambiente urbano irá precisar de um bom planejamento para a colocação de árvores a fim de diminuir as insalubridades do meio e uma eficiente prática de manutenção da arborização existente. Atualmente, muitas pesquisas são feitas para mostrar o perfil da arborização urbana em determinados locais, mas as áreas urbanas são muito semelhantes e oferecem um ambiente bastante hostil para a arborização. Mesmo assim, as árvores não deixam de desempenhar seu papel de grande importância para o ambiente e a população urbana.

2.1.1 Clima urbano

Do ponto de vista climatológico, a cidade encontra-se num contexto mais amplo, pois o clima urbano, segundo MONTEIRO¹ citado por HASENACK (1985), é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. Portanto, é um mesoclima

¹Monteiro, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: USP. 1976.181p.

inserido no contexto macroclimático e, por outro lado, é constituído por um conjunto de microclimas existentes no interior do espaço urbano em função das características da situação e do sítio urbano.

Fisicamente, as áreas urbanas se diferenciam das áreas rurais em muitos aspectos. Estes aspectos são baseados na variação dos seguintes fatores: aparência das superfícies, fonte de calor, fonte de umidade e qualidade do ar. As cidades são formadas de materiais com grande capacidade térmica. A natureza tri-dimensional da cidade, com suas construções e múltiplos níveis de superfícies apresenta um complexo geométrico para a atmosfera. A cidade possui grandes fontes de calor, tais como calor industrial, doméstico e automotores. As áreas rurais são as fontes de umidade para as cidades. Os resíduos industriais, atividades domésticas e os transportes modernos, todos estes contribuem para a grande quantidade e qualidade de materiais suspensos na atmosfera urbana (LOWRY, 1974).

O microclima dominante das áreas urbanas é conhecido por efeito de ilhas de calor porque as temperaturas em regra decrescem para a periferia. De acordo com FOSTER (1977), o calor dessas ilhas é causado pela soma de energia usada para aquecer os prédios e para movimentar veículos e equipamentos. A temperatura nestes locais sofre uma variação drástica, principalmente a noite quando o céu está claro e os ventos mais suaves. A radiação solar que entra na cidade é menor, devido a grande quantidade de aerossóis. No entanto, ocorre um aumento da radiação emitida pela cidade, causada por temperaturas de superfície mais elevadas, como concreto, tijolo, asfalto e outros materiais de construção. Em condições principalmente de calmaria, em que há poucas trocas turbulentas, grande parte da energia irradiada volta à construção urbana através da reemissão radiativa de onda longa pela atmosfera. Em resumo, pode-se dizer que as ilhas urbanas de calor existem devido principalmente: aos efeitos da transformação de energia no interior da cidade, com formas específicas (estruturas verticais artificiais criadas); cores (albêdo) e materiais de construção (condutividade); pela redução do resfriamento causado pela diminuição da evaporação (poucas áreas verdes, transporte de água da chuva através da canalização); pela produção de energia

antropogênica através da emissão de calor pelas indústrias, trânsito e habitações (LOMBARDO, 1990).

As cidades são aproximadamente 0,5 - 1,5°C mais quentes que seus arredores (GREY & DENEKE, 1978; BERNATZKY, 1983). Já HEISLER (1974), encontrou em São Francisco, diferenças de temperaturas em torno de 5°C entre áreas construídas e áreas providas de vegetação.

Segundo KOZLOWSKI (1985), dependendo da espécie, o crescimento das plantas é ótimo numa variação de 20 - 35°C. Em temperatura muito baixa ou alta, a taxa de crescimento diminui, com o efeito indireto dos carboidratos alterados, hormônios, água e a relação mineral. Frequentemente, as árvores são injuriadas por temperaturas extremamente altas ou baixas. Em temperaturas baixas, há uma inibição das raízes das árvores, principalmente naquelas que estão em crescimento. A temperatura regula a produção de sementes e frutos pela influência da iniciação floral, dormência dos botões, abertura das flores, abertura e crescimento dos frutos. Altas temperaturas geralmente reduzem o crescimento e provocam injúrias nas árvores que podem ser: direta, causada na maioria das vezes, por temperatura maior que 45°C e indireta quando é causada por temperaturas que variam de 15 a 40°C e pode não apresentar sinais de injúria logo após a exposição a estas temperaturas.

A capacidade das árvores resistirem aos efeitos do calor é explicado por ANDRESEN (1975). A resistência ao calor ou a termo-resistência é a habilidade das árvores sobreviverem ao estresse provocado pelo calor nos tecidos internos e é também chamada de termo-tolerância. Pesquisas demonstram que a morte celular varia com a duração de exposição a altas temperaturas e com o grau de maturidade do tecido. Por outro lado, a habilidade das plantas ajustarem-se ou resistirem ao efeito letal ou injúrias externas pela radiação infra-vermelha é chamado de termo-isolamento. Esta tolerância é conseguida através de características como: casca grossa e cor clara, folha lisa e coriácea.

A luz recebida pelas árvores nas ruas varia de um valor quase ilimitado para quase zero. A poluição do ar reduz grandemente a radiação. As construções são também

responsáveis pela distribuição de radiação, devido as suas dimensões, suas orientações e sua extensão nas ruas. Dois lados da mesma rua podem receber luz em diferentes quantidades, dependendo do sentido da rua; a exposição desigual induz um maior desenvolvimento da copa num lado. No entanto, a diminuição da radiação é parcialmente compensada pela reflexão do pavimento da rua e das construções. As espécies arbóreas reagem diferentemente à diminuição da luz, dependendo da demanda de luz e sua tolerância à sombra, mas a falta de luz acarreta uma redução da raiz (BERNATZKY, 1980).

A reação da planta à luz está na resposta à combinação da qualidade, intensidade, e duração interagindo com o ambiente (CATHEY & CAMPBELL, 1975).

MILLER (1938) concluiu que plantas expostas à contínua exposição de luz, obtém uma produção grande de matéria seca.

GREY & DENEKE (1978) afirmaram que as plantas podem responder com um aumento do comprimento entre os internódios dos ramos e da área foliar. Podem também depreciar a formação e a manutenção da clorofila deixando as plantas mais vulneráveis à poluição e ao frio.

2.1.2 - Poluição atmosférica

A qualidade do ar nas áreas metropolitanas é fundamentalmente crítica devido as grandes agregações de pessoas e máquinas (SMITH & DOCHINGER, 1975).

O desenvolvimento crescente das indústrias está deixando o ar cada vez mais contaminado por substâncias fitotóxicas e segundo TATTAR (1978), a poluição do ar não está restrita às áreas urbanas e suburbanas, mas também ocorre nas áreas rurais.

Os poluentes fitotóxicos são essencialmente gasosos e de fontes variadas. Os veículos, as indústrias e em alguns casos, a geração de energia elétrica são as principais fontes. Os poluentes mais encontrados no ambiente urbano são: dióxido de enxofre, ozônio, fluoretos,

etileno, óxidos de nitrogênio, amônia, cloretos, cloreto de hidrogênio, particulados e herbicidas (DAVIS & GERHOLD, 1975; GREY & DENEKE, 1978).

O principal componente da poluição por veículos é o dióxido de carbono, enquanto o poluente primário das indústrias, geradores de energia e aquecimento interno é o dióxido de enxofre (MUDD & KOSLOWSKI, 1975).

O ozônio é um componente natural do ar que age como filtro da radiação ultravioleta. As turbulências e as correntes de ar vertical podem ocasionalmente levar pequenas quantidades de ozônio à superfície do solo. Pequenas quantidades de ozônio são também formadas por descargas elétricas (raios). Estas fontes são de menor importância quando comparadas às quantidades de ozônio formadas no ambiente urbano. Os hidrocarbonos e os óxidos de nitrogênio são emitidos para a atmosfera através da exaustão automotora. Uma vez na atmosfera, estes componentes sofrem uma reação fotoquímica na presença da luz solar, produzindo ozônio e outras variedades de componentes. O ozônio formado desta maneira pode movimentar-se a longas distâncias e causar injúrias às plantas (DOCHINGER, 1972).

No ambiente urbano, as árvores e outras plantas estão sujeitas aos efeitos danosos da poeira e de muitos gases do ar. Em geral, a poeira traz menos injúrias do que os gases tóxicos. A poeira proveniente do solo pode impedir a luz nas folhas, fazer corrosões, ser tóxica, e ainda tornar o ar turvo. Os gases fitotóxicos entram dentro da folha através dos estômatos, onde prejudicam a troca gasosa, impedindo a fotossíntese e destruindo os cloroplastos. Altas concentrações de SO_2 e HF causam queima nas folhas e também sérios danos. O dióxido de enxofre paralisa o movimento das células guardas e, desta forma, causa uma excessiva transpiração. A economia de água de toda a planta entra em colapso e em casos extremos as folhas e os galhos secam. Como resultado, o hábito de crescimento é todo alterado. As folhas ou acículas tornam-se mais finas, com pequeno crescimento, as estruturas da copa e do tronco tornam-se distorcidas. O crescimento vertical é mais severamente afetado do que o crescimento em diâmetro. O fluor é cem vezes mais nocivo do que o SO_2 , de forma que, baixas concentrações são suficientes para causar os seguintes danos: necroses na base da folha;

enrolamento da folha e pontos necrosados nas acículas. Tudo isto concorre para uma drástica redução dos órgãos de assimilação (BERNATZKY,1983). Este mesmo autor diz que muitos pesquisadores acreditam que não existem árvores ou outras plantas absolutamente resistentes à poluição. Mais cedo ou mais tarde, cada planta atinge um ponto crítico a partir do qual adoece ou até mesmo morre. A resistência é sempre relativa. Isto vai depender de: tipo de poluente, sua intensidade e período de influência; fase de desenvolvimento da planta (idade, condição geral de saúde); condições de crescimento (solo, clima e nutrição); localização (distância do solo, proteção por edifícios ou outras plantas).

De acordo com NOLAND & KOZLOWSKI (1979), os sintomas também podem variar com as condições ambientais que favorecem o crescimento das árvores, aumentando a sensibilidade aos poluentes do ar. As dosagens críticas de poluentes que injuriam várias espécies de árvores ou cultivares são sensivelmente modificadas pela intensidade de luz, suprimento de água, umidade relativa e temperatura, fatores que influenciam a abertura e fechamento dos estômatos. As folhas absorvem mais poluentes e são mais injuriadas quando seus estômatos estão abertos (em intensidades de luz alta) do que quando seus estômatos estão mais fechados (em intensidades de luz baixa).

Os poluentes do ar podem aumentar ou diminuir os efeitos das doenças e danos por insetos nas árvores das cidades, dependendo do patógeno específico e da dosagem da poluição. As árvores enfraquecidas pelos poluentes do ar frequentemente são predispostas a algumas doenças. Os poluentes do ar podem também influenciar a interação árvore-inseto. A pesada infestação de pragas como insetos de casca, pode ocorrer sob árvores enfraquecidas pelos poluentes. Tais ataques podem ser associados com a supressão de insetos predadores de parasitas ou o aumento da emissão de terpenos atrativos dos insetos (KOZLOWSKI,1986).

2.1.3 - Solo urbano

A cidade moderna é uma fonte complexa de ações antropogênicas sobre os solos e plantas, não somente na própria cidade, mas também na área periférica (OBUKHOV & LEPNEVA, 1989). A atividade humana na urbanização criou solos que têm características contrárias às condições naturais. De acordo com CRAUL (1994a), os principais problemas, entre vários, comumente encontrados quando se faz o plantio e a manutenção da vegetação urbana são: compactação, restrição do movimento de água e ar, presença de materiais antrópicos, espaço confinado e limitado para as raízes e ciclagem de nutrientes interrompida. O mesmo autor constatou que o solo urbano é criado no processo de urbanização e portanto não pode ser separado pelos limites geográficos. O agente ativo para a formação do solo urbano é a atividade humana, ao contrário da formação do solo natural. Segundo CRAUL (1985), as características gerais do solo urbano são as seguintes: a) grande variedade vertical e espacial; b) modificação da estrutura do solo conduzindo à compactação; c) presença de uma crosta na superfície do solo descoberto, usualmente hidro-repelente; d) pH do solo modificado, geralmente elevado; e) aeração e drenagem restritas; f) ciclo de nutrientes interrompido e as atividades dos organismos do solo modificadas; g) presença de materiais antrópicos e outros contaminantes e h) regimes de temperatura do solo modificados.

Não existe fator ambiental mais importante para a saúde das árvores do que as condições do solo em que elas crescem. O solo é uma mistura extremamente complexa de materiais orgânicos e inorgânicos, incluindo uma ampla variedade de organismos vivos. O solo ao redor das casas e ao longo das ruas é freqüentemente pobre em condições físicas. Embora as condições originais do solo na maioria dos locais seja adequada para o crescimento das plantas, mudanças sempre ocorrem na estrutura do solo durante a construção das estradas e casas. Estas condições desfavoráveis para o desenvolvimento das plantas sempre geram variados tipos de estresses como: o químico, gerado pelo pH desfavorável e/ou não balanceamento de nutrientes ou ainda pela presença de materiais tóxicos no solo e o físico, que

resulta em fatores que impedem o crescimento das raízes e geralmente provoca o estrangulamento ou enovelamento das mesmas (TATTAR,1978).

BASSUK & WHITLOW (1988) constataram que o solo urbano é extremamente variável em sua fertilidade e em substâncias tóxicas.

A compactação do solo urbano é um fenômeno complexo, que consiste de duas características: alta densidade que proporciona uma barreira para a penetração das raízes e o reduzido número de macroporos, tendo como consequência pouca quantidade de oxigênio disponível para as raízes (HUNT *et al*,1991).

O solo ao redor de uma árvore poderá ser visto como um sistema matricial. As complexas interações ocorrem entre os componentes separados deste sistema. É difícil definir os efeitos separados da compactação e aeração do solo na árvore. Os efeitos destes fatores, quer dizer o ambiente físico do solo, é mais esclarecido quando se examina também os efeitos da umidade e temperatura do solo sob o vigor e o crescimento das raízes (RUARK *et al*,1982a).

PATTERSON (1975); GREY & DENEKE (1978) e JIM (1987) consideraram a restrita troca gasosa do solo compactado com a atmosfera, responsável pelos seguintes efeitos: a) inibição do crescimento radicial da árvore pelo desfavorável balanço entre o oxigênio e o dióxido de carbono; b) encharcamento do solo devido a deficiente drenagem provocada pela ocupação da água nos espaços vazios no solo; c) destruição do ecossistema do solo, com alteração das condições favoráveis aos organismos do mesmo; e d) injúrias radiciais nas árvores devido a excessiva quantidade de dióxido de carbono.

RUARK *et al* (1983) constataram que o declínio das árvores de *Acer saccharum*, nas ruas, era devido as propriedades físicas do solo. A modificação das propriedades físicas com a formação de uma crosta na superfície do solo, pela falta de vegetação na superfície, diminui a infiltração de água e troca gasosa, provocando a morte das raízes.

Devido a impermeabilização das superfícies das ruas e rodovias, a água da precipitação é drenada para a canalização e portanto não é evaporada pelas plantas. As árvores não

recebem água suficiente e o balanço hídrico é negativo. Temperaturas altas, precipitação menos efetiva e evaporação reduzida levam a diminuição da umidade absoluta e relativa quando comparadas com um local aberto. A área do solo disponível às árvores, que não é coberta pela pavimentação das ruas, é tão pequena que a precipitação incidente não é capaz de suprir as árvores suficientemente para seu crescimento. A água do subsolo é dificilmente acessível às raízes das árvores urbanas, principalmente devido aos trabalhos de construções que atingem o subsolo como garagens, metrô e outras instalações subterrâneas. Teoricamente, pode-se assumir que a água do subsolo não está disponível por um período prolongado para as árvores de rua e que a água de capilaridade no solo é suprimida. Assume-se que a água condensada é suficiente para o crescimento reduzido da árvore (BERNATZKY, 1983).

HZUMI (1983) complementa dizendo que a urbanização reduz geralmente a altura do lençol freático, devido ao consumo de água e a impermeabilização da superfície. Com a superfície impermeabilizada, há um aumento na quantidade e velocidade do escoamento superficial, diminuindo assim o nível de água na superfície do solo (SUKOPP & WERNER, 1983).

De acordo com SANTAMOUR Jr. (1969) e GILBERTSON & BRADSHAN (1985), o crescimento lento e o declínio de árvores em cidades é frequentemente atribuído a deficiência de água no solo. A deficiência de oxigênio nos solos compactados interfere na disponibilidade tanto de água como de nutrientes.

YAU (1982), em Melbourne-Austrália, observou que as superfícies compactadas com concreto e asfalto reduzem a infiltração de água no solo, provocando um efeito prolongado no conteúdo de umidade disponível para as árvores.

KRAMER (1987) constatou que a inibição do crescimento da árvore é uma forma de reação ao estresse ambiental. Complementou dizendo que os efeitos do estresse hídrico no crescimento da árvore podem ser classificados como direto, resultando na perda de turgor e indireto, resultando em distúrbios nos processos fisiológicos que podem ou não ser

relacionados com a perda de turgor. O mais importante efeito direto é a diminuição do tamanho da célula, que resulta na diminuição da área foliar, diminuição do tamanho dos anéis anuais e o decréscimo do tamanho das árvores.

Pesquisas, feitas para avaliar as respostas de uma determinada espécie ao estresse hídrico em vários períodos, mostram que mesmo em períodos curtos de estresse há, uma redução na condutância estomatal, na transpiração, e no potencial hídrico dos brotos e inibição do crescimento dos mesmos. (WILLIAMS *et al*, 1987).

A água é geralmente preconizada como o principal fator limitante do crescimento e sobrevivência das árvores em todas as partes do mundo. Isto não é surpresa para muitos cientistas e paisagistas que consideram a seca ou estresse hídrico um dos principais problemas encontrados nas árvores urbanas. O déficit hídrico temporário ocorre na natureza mesmo com adequada umidade do solo. Este déficit temporário é resultado das resistências no curso da transpiração através da relação **solo-planta-atmosfera continuum** (SPAC). Os déficits são freqüentemente aparentes ao meio dia quando a demanda é mais alta e são suavizados no fim da tarde e ao anoitecer quando a demanda diminui. Embora não letais, déficits temporários prejudicam virtualmente todos os processos de crescimento das plantas e podem conduzir para uma injúria secundária, resultado da alta temperatura através do resfriamento transpiracional reduzido ou pela predisposição da planta as doenças (WHITLOW & BASSUK, 1987).

Existe uma inter-relação do suprimento de nutrientes com fatores ambientais como: temperatura e umidade do solo. Quando as plantas estão em estresse de umidade, tais elementos como P e K, que se movem para a raiz pelo mecanismo de difusão, podem tornar-se limitados mesmo estando o solo bem suprido dos mesmos. O crescimento e desenvolvimento das raízes é influenciado pela temperatura, muito importante para a absorção de nutrientes. Se um elemento é limitado e a taxa de crescimento é aumentada pela temperatura, a concentração deste elemento é diminuída. Em alguns casos, quando a temperatura ótima é aproximada, a disponibilidade de um nutriente no solo pode ser aumentada tanto através da alta taxa de

atividade microbiana como pela taxa de difusão mais rápida do elemento para as raízes (MUNSON & NELSON, 1973).

No centro urbano e calçadas das ruas, há pouca diferença da temperatura do solo na profundidade de 5 a 50cm, enquanto numa floresta há um decréscimo na temperatura com o aumento da profundidade. Sendo assim, a permanência de árvores em altas temperaturas do solo poderá afetar seus processos bioquímicos e conseqüentemente o seu crescimento (GRAVES, 1994). Além disso, a temperatura do solo pode afetar a fixação de nitrogênio biológico (TROLLDENIER, 1982).

Nas cidades, certos gases como a amônia e o dióxido de enxofre, são levados para baixo pela água da chuva, este fato tende a aumentar a acidez do solo. A acidez do solo limita o suprimento de certos nutrientes para as plantas. Os gases tóxicos na atmosfera podem prejudicar direta e indiretamente a vegetação. Esta troca de pH do solo, de valores altos (básico) para valores baixos (ácido), pode não somente reduzir a população de certas bactérias benéficas, mas também diminuir a atividade de outros microrganismos (PIRONE, 1959).

Várias pesquisas demonstram que as árvores em ambientes urbanos, especialmente quando plantadas em calçadas, estão sob estresse hídrico e nutricional por longos períodos (WIERSUM & HARMANNY, 1983).

MESSENGER (1984) afirmou que deficiências de ferro ou manganês são geralmente responsáveis pela clorose associada com níveis altos de pH no solo (solo alcalino). Isto corresponde na planta a uma alta concentração de nitrogênio, potássio, magnésio ou fósforo nas folhas. Esta falta de balanceamento de nutrientes na folha é grandemente explicado pelo princípio de que o ferro e o manganês são mais disponíveis em solos com pH abaixo de 6,2. Enquanto o nitrogênio, potássio, magnésio e fósforo são mais disponíveis com pH acima de 6,2.

SMILEY *et al* (1986) constataram, que a deficiência de manganês é raramente observada em solos não alterados, mas é muito comum em solos urbanos. O alto valor de pH e altos níveis de cálcio são fatores geralmente associados com a deficiência de manganês em

acer. Os solos tendem a ter essas características (alto pH e níveis altos de cálcio) devido ao rompimento dos perfis do solo e dos padrões de drenagem causado pelas construções. Existem vários fatores que causam a deficiência de manganês nos solos urbanos: baixo teor de matéria orgânica, umidade, textura, microrganismos, o potencial oxi-redução (redox) e a competição de cátions. O sintoma apresentado pelas árvores na deficiência de manganês é a clorose internerval nas folhas jovens.

Os solos em áreas urbanas, particularmente ao longo das avenidas e ao redor das habitações são geralmente bons exemplos de solos com conservação e manejo pobres. Os refugos deixados por pavimentação, fundações, esgotos, escavações para canalizações de água e gás, são geralmente espalhadas na superfície do solo. Apresentam normalmente quantidades variáveis de nutrientes e pouca ou nenhuma matéria orgânica. Em geral, contêm quantidades limitadas de nitrogênio e potássio, podem ser ainda deficientes em vários outros elementos essenciais (HIMELICK, 1975; DYER & MADER, 1986).

BERNATZKY (1980) concluiu que os solos urbanos geralmente são pobres, faltando principalmente húmus e substâncias nutricionais. Um dos fatores que prejudicam a circulação de nutrientes minerais é a remoção de folhas (principalmente no outono) pela varrição. Este e muitos outros fatores desfavorecem o aparecimento do fungo micorriza no solo, limitando o plantio de muitas espécies pioneiras como: *Robinia pseudacacia*, *Sorbus intermedia*, *Crataegus orientalis*, *Betula pendula*, *Populus tremula* e *Alnus incana*.

2.2 VIGOR DAS ÁRVORES URBANAS

A maioria das árvores que são plantadas nas áreas urbanas são provenientes de ambientes naturais que geralmente não sofreram nenhuma alteração maior. Com essa mudança de ambiente, as características das árvores geralmente sofrem alguma alteração, como uma forma de reação ao ambiente, podendo comprometer os objetivos da arborização. PAINE *et al*

(1993) constataram que a arborização urbana está num ambiente único, sendo quase sempre inteiramente artificial, que contém uma mistura de espécies endêmicas e exóticas e o máximo de contato com o público. Segundo HARRIS (1992), as causas mais comuns que podem comprometer o vigor e conseqüentemente a aparência das árvores urbanas são: a) estratificação e compactação do solo com entulhos de construção; b) infestação por pragas e doenças produzidas por organismos; c) reflexão e reirradiação solar que aumenta a temperatura do ar; d) intensidade de luz que varia de sombra profunda a sol pleno; e) extensão do comprimento do dia pela iluminação a noite; f) redução da umidade pela expansão árida do pavimento; g) escassez ou excesso do suprimento de água; h) insuficiência de nutrientes; i) poluição do ar e j) acidentes, vandalismos e negligência.

A observação cuidadosa dos efeitos causado por estes fatores é essencial e pode ser desenvolvida com a prática e o interesse. A familiaridade com a aparência, o crescimento normal de uma planta e os efeitos do ambiente pode ser mais aguçada com a experiência.

2.2.1 Parâmetros para avaliar o vigor das árvores

A análise de plantas ornamentais geralmente é baseada em parâmetros subjetivos e que precisam ser fundamentados em critérios teóricos e práticos. Para isto, é necessário observar os mínimos detalhes de uma planta com aparência normal e seu ambiente em volta. Contudo, é preciso ter um razoável conhecimento sobre plantas, solo, clima, práticas culturais, pragas, doenças e suas interações com o meio.

HARRIS (1992) concluiu que a saúde de uma planta é caracterizada pelo seu vigor, ausência de injúrias e pragas. O vigor é uma boa medida da performance de uma planta. O conhecimento da espécie tem um valor muito grande ao se fazer uma avaliação subjetiva. Existem vários parâmetros que podem estimar o vigor, como: cor da folha que varia de diversos tons de verde a outras cores, de acordo com a espécie e a estação do ano; tamanho

das folhas e a densidade da copa que variam com a espécie; crescimento do broto, que é um indicador quantitativo varia com a espécie e a poda, mesmo assim, o tamanho do broto pode ser avaliado pela sua idade; a textura e o brilho da casca do tronco e galhos que dependem da espécie e a coloração das raízes jovens.

PIRONE (1959) definiu uma árvore normal, saudável e vigorosa como aquela que preenche todos os requisitos desejados, geralmente que se está familiarizado, para um determinado fim. Porém, isto não pode eliminar o perfeito funcionamento dos órgãos principais da planta que exprime a boa aparência atrativa e saudável.

GILBERTSON *et al* (1985), pesquisando em áreas industriais, usaram o parâmetro extensão anual negativa ou nula do ramo para determinar o vigor das árvores. Com este mesmo objetivo, HODGE & BOSWELL (1993) utilizaram as variáveis: extensão anual do ramo, coloração das folhas, área foliar e densidade da copa, GOOD (1991) recomendou além da densidade da copa, a presença de galhos mortos dentro da copa viva como indicador da saúde da árvore e HODGE (1993) utilizou além destes parâmetros a análise foliar.

BERRANG *et al* (1985) afirmaram que a taxa de vigor em árvores urbanas é uma avaliação subjetiva da saúde da árvore, podendo ser empregada com a inclusão de números diferentes de variáveis, como: crescimento e seca de ramos, quantidade e severidade da clorose e crestamento nas folhas.

PETERSEN & ECKSTEIN (1988) utilizaram os indicadores biológicos da madeira para expressar a vitalidade das árvores urbanas, como: formação e anatomia da madeira e da raiz; anéis de crescimento; biomassa do tronco, folhas e raízes, e o balanço hídrico da árvore.

DYER & MADER (1986), para determinarem o padrão de crescimento do *Acer saccharum* na cidade e na periferia, utilizaram como parâmetro o DAP e a área transversal da árvore.

Segundo HARRIS (1992), as folhas, o tronco e os galhos são as principais partes de uma árvore que podem ajudar o observador diferenciar uma árvore saudável de outra que sofreu algum distúrbio.

A folha é a melhor e mais acessível parte da árvore onde se percebe a maioria dos sintomas de uma condição anormal. Há uma grande variação de coloração das folhas e sua época de queda, que depende muitas vezes da espécie e outras vezes das condições ambientais. Algumas plantas decíduas derrubam suas folhas como primeiro indicador de estresse hídrico. A maioria destas plantas perdem suas folhas no outono ou antes, após uma geada precoce ou se a planta está estressada. Quando se tem em mente os aspectos normais de uma determinada espécie é muito mais fácil de se perceber qualquer anormalidade da planta. Qualquer mudança na estrutura, aparência, ou função pode resultar numa ampla variação de causas como injúrias por poluição, deficiência ou excesso de umidade, indisponibilidade de nutrientes, aeração deficiente do solo, injúrias mecânicas ou doenças nas raízes.

De acordo com AWAD & CASTRO (1983), a senescência e abscisão das folhas também pode indicar alguma alteração na planta. A senescência consiste no conjunto de mudanças que provocam a deterioração e a morte da célula vegetal madura e é sensível à influência de fatores do meio ambiente como os dias curtos, baixa luminosidade, baixas e altas temperaturas, baixos níveis de nutrientes essenciais ou sais em níveis tóxicos no solo. Enquanto a abscisão é um fenômeno de fácil observação e pode ocorrer em resposta a sinais do ambiente como dias curtos, principalmente em plantas decíduas de climas temperados e frios.

CUTTER (1987) afirmou que a abscisão é retardada em dias longos e apressada em dias curtos. Embora muitas espécies decíduas sejam plantas de zona temperada, nas quais a queda da folha pode representar adaptação às condições desfavoráveis do inverno, também algumas plantas tropicais apresentam queda de folha sazonal. As interrupções das noites longas impede a perda da folhagem. O autor considera que este mecanismo pode proporcionar a proteção da planta contra a estiagem sazonal.

Ainda com base em HARRIS (1992), o tronco e os galhos são os seguintes pontos a serem examinados após as folhas. Áreas afundadas na casca indicam injúrias nos tecidos saudáveis da planta. Isto pode ser produzido por fungos ou bactérias ou por agentes não

parasitas, como as baixas e altas temperaturas. O aspecto da casca também é muito importante, pois cada espécie tem seu hábito no comportamento da casca. A descamação e a coloração da casca pode ser acentuada tanto com a idade da planta como pela estação do ano. Tronco e galhos podem apresentar pobre vigor quando apresentam poucas folhas, grande exudação e furos. A aparência da brotação, ramos ou galhos no tronco principal podem indicar uma súbita mudança de condições ambientais, injúria estrutural, doenças ou podas excessivas e/ou incorretas. Certas plantas inferiores como líquens, musgo e algas podem viver harmoniosamente sobre a casca de espécies lenhosas, dependendo do vigor da árvore e da quantidade destas plantas. A presença de líquens pode indicar ar puro (TATTAR, 1978) ou pobre crescimento de espécies que tem o hábito de soltar a casca (PIRONE, 1959). Em geral, o vigor de uma árvore pode ser atribuído à coloração da fissura da casca e à rápida formação de calos sob os ferimentos da casca. Em árvores que crescem vigorosamente, as fissuras são de coloração mais brilhante do que a casca da superfície em volta. A rapidez com que se desenvolve o calo em volta do ferimento é um bom indicador de vigor (HARRIS, 1992).

As raízes, por serem inacessíveis, não são um meio comum para a observação de distúrbios em árvores ornamentais. Mesmo assim, quando possível, a avaliação das mesmas pode esclarecer muitos problemas. Segundo PIRONE (1959), que durante 20 anos examinou milhares de árvores urbanas, mais da metade das anomalias encontradas foi devido as injúrias e doenças nas raízes.

2.2.2 Fatores que afetam o vigor das árvores

De acordo com HARRIS (1992), os fatores que afetam as árvores urbanas são mais complexos e mais diversos do que os que afetam as culturas agrícolas. No ambiente urbano, os fatores abióticos, são muitas vezes interrelacionados com os fatores bióticos. Os fatores abióticos (temperatura e umidade extremas, vento, neve, geada, sal, poluentes do ar,

pesticidas, radiação e deficiência ou excesso de nutrientes) e os fatores bióticos (insetos, animais, bactéria, fungo, micoplasma, virose, parasitas e nematóides) podem causar tanto injúrias como doenças, dependendo da severidade do fator ambiental sob estresse. Os danos ou as injúrias às plantas podem ser resultado de ações específicas como mecânica, química ou térmica.

A injúria mecânica é geralmente a mais simples para se diagnosticar. As folhas podem estar danificadas pelo vento ou mastigadas por insetos ou animais; os limbos quebrados pelo vento, geada, neve ou alta temperatura; casca perdida, pulverizada, ferida ou separada do lenho por roedores, insetos, acidentes ou vandalismos. Os insetos podem injuriar plantas pela alimentação ou postura sobre as folhas, tronco, galhos ou raízes. Eles podem mastigar, sugar, extrair, furar ou causar galha e desidratar o tecido. WHEELER Jr. & VALLEY (1981) constataram que os insetos geralmente vivem ou permanecem presentes na planta afetando algumas de suas partes. WILSON & ELLETT (1980) e WARGO (1981) afirmaram que os insetos e as doenças são intimamente relacionados. Os insetos podem ser os agentes causadores de doenças ou uma árvore doente é muito mais predisposta ao ataque de insetos.

A injúria química refere-se aos danos às plantas provenientes de inseticidas e fungicidas que podem tanto injuriar como matar. MEADE (1984) afirmou que as árvores e os herbicidas (para as ervas daninhas) podem co-existirem em harmonia, mas ocasionalmente provocam injúrias. Geralmente, as injúrias químicas são causadas por falta de cuidados na aplicação de produtos químicos (PARTYRA, 1982).

A injúria térmica refere-se aos danos provocados por temperaturas extremas. Geralmente a baixa temperatura provoca maiores danos às plantas e pode produzir uma grande variação de sintomas que se assemelham com os sintomas causados por alta temperatura. PELLET (1981) diz que, geralmente, as plantas diferem amplamente em sua tolerância à temperatura de congelamento em vários estádios de crescimento e desenvolvimento. Quando a temperatura é alta, solo é seco, o sistema radicial é inadequado ou o tronco é restrito para o movimento de água, a demanda da transpiração pode exceder a absorção e translocação da

água do solo para as folhas. Neste caso, as plantas tornam-se dessecadas e as folhas podem murchar, tornarem-se quebradiças ou caírem. A injúria térmica pode ainda debilitar a planta aos ataques de microrganismos. SCHOENEWEISS (1981) afirmou que a maioria dos cancos no tronco e seca de ponteiros por fungos são causados por estresse ambiental, principalmente hídrico e por temperaturas baixas.

No ambiente urbano, as plantas ornamentais podem estar sujeitas a vários fatores inadequados, referentes ao solo, clima, práticas culturais, tráfego de pessoas e veículos e inumeros outros riscos. Há uma grande interação entre a propagação de doenças em árvores com as características do meio urbano (KESSLER, 1981). Com as condições adversas do meio, geralmente o vigor das árvores é abalado por doenças não infecciosas que podem deixá-las susceptíveis a qualquer outro problema (TATTAR, 1981).

HARRIS (1992) constatou que os problemas do solo e injúrias nas raízes podem afetar a cor e o tamanho da folha além da taxa de crescimento, resultando em clorose e crescimento reduzido. As mudanças das propriedades físicas do solo afetam a umidade e a aeração que restringe o sistema radicial da planta com a redução de sua atividade. Como consequência do fornecimento inadequado de água, ar e nutrientes, as plantas são levadas ao declínio, apresentando principalmente sintomas de deficiências de nitrogênio e murcha temporária durante os dias quentes. A mudança do nível do solo, reformas da pavimentação, construções, valas, aterro, compactação do solo e vazamento de gás podem também provocar uma série de sintomas causados por danos as raízes e deficiência ou excesso de água e nutrientes do solo. LOHMANN (1988) apontou além destes fatores, a presença do lençol freático raso associado com a cobertura impermeável da superfície do solo. MAC DONALD *et al* (1993) concluíram por intermédio de profissionais que manejam árvores urbanas, que a aeração deficiente do solo é a principal causa do declínio das árvores. Conforme HARRIS (1992), dependendo da espécie e do vigor da planta, textura e profundidade do solo, densidade e permeabilidade da cobertura do solo, o desenvolvimento das plantas podem ser afetado. Em geral, as árvores jovens e vigorosas suportam mudanças adversas do solo melhor do que as árvores velhas e de

baixo vigor. As plantas adultas ou com menos vigor podem tornar-se mais sensíveis para o excesso de umidade e suas raízes podem estar sujeitas ao ataque de doenças e nematóides. As perdas de raízes podem ser diretamente relacionadas com a mudança de nível do solo em volta da árvore, na construção e reparos na canalização de rede elétrica, telefonia, água e danos provocados por tempestades. As árvores, assim afetadas, poderão estar mais sujeitas à seca, poderão mostrar sintomas de deficiência de nitrogênio (crescimento pobre e folhagem de cor verde-claro) ou ser incapazes de suportar um vento mais forte. Segundo WARGO (1983), a maior consequência dos prejuízos ao sistema radicial está na redução da absorção de água e nutrientes minerais. ROCRAY (1983) concluiu que as injúrias mecânicas e distúrbios por construções, incluindo a mudança do nível do solo, são os problemas abióticos mais frequentes em Quebec.

Os problemas com a poluição do ar são observados logo nas folhas, pois são as partes que mais apresentam os sintomas causados por este fator. Em plantas perenifólias, as folhas podem desenvolver áreas necrosadas na posição internerval, marginal e na ponta da folha. Os sintomas são altamente variáveis, geralmente depende da espécie e do estágio de crescimento, do tipo e concentração dos poluentes, da extensão da exposição (HEATH, 1980), da umidade, luz, temperatura, vento e outros fatores. Com isto, as árvores podem apresentar diversos sintomas conforme a sua sensibilidade aos poluentes do ar, que varia de acordo com sua base genética (RYDER, 1973). SMITH & BRENNAN (1984) apontaram além dos sintomas visuais, distúrbios nos estômatos e alteração do crescimento em diâmetro das árvores. COWLING (1987) observou casos em que árvores submetidas à poluição mostraram um decréscimo no crescimento, sem apresentar nenhum outro sintoma visível. TAYLOR (1973) afirmou que plantas com altas dosagens de NO_2 e cloro, por poucos minutos, são estimuladas a perderem suas folhas, sem que as mesmas apresentem nenhuma clorose e/ou necrose. Sendo assim, a poluição do ar tem sempre um impacto negativo à saúde da árvore (TALARCHEK, 1987).

HARRIS (1992) indica ainda alguns sintomas em plantas que podem ser causados por um ou uma série de fatores abióticos como: seca das plantas, enovelamento de raízes, crestamento e clorose das folhas.

A seca das plantas é causada por deficiências em umidade por várias razões: falta de umidade no solo; aeração pobre do solo; raízes injuriadas ou doentes, com redução de absorção de água; tronco ou galhos injuriados e doentes, com restrito movimento de água. O primeiro sintoma de umidade inadequada é o murchamento das folhas e a ponta dos brotos jovens. Mesmo se a planta é vigorosa, este sintoma poderá ocorrer principalmente nas manhãs quentes da primavera e verão. Se o sintoma não for revertido durante o prosseguimento do dia, a planta poderá ser seriamente afetada. KOZLOWSKI (1987) constatou que, em condições de baixa aeração, umidade e temperatura do solo, a árvore poderá aumentar o retardamento da absorção de água após a transpiração, induzindo assim a desidratação de sua copa.

O enovelamento entre raízes é muito difícil se observar em árvores em pé. Enquanto o enovelamento de raiz com o tronco pode ser visto na região do tronco rente ao nível do solo. Geralmente é caracterizado por um cinturão de raízes em volta do tronco e com o crescimento contínuo de ambos, há o aparecimento de uma deformação no ponto de contato. Com o passar do tempo, cada um diminui o calibre de crescimento do outro, mas o tecido do tronco é mais comprimido do que o tecido das raízes. Contudo, o movimento de reserva do topo para as raízes é restrito e o seu crescimento é menor, debilitando a planta inteira. Em casos severos, o tronco poderá quebrar-se no ponto de estrangulamento. Os sintomas gerais são debilidade generalizada, sistema radicial deficiente e as vezes mudança na coloração das folhas. HUDLER & BEALE (1981) associaram sintomas de declínio (perda de vigor) do *Acer platanoides* com o enovelamento de raízes, que tinha como consequência secas de ponteiro e folhas, descoloração das folhas, redução do crescimento das folhas, ramos, galhos e tronco.

O crestamento das folhas é resultante de inúmeras condições que podem deixar as folhas de cor mais clara ou marrom escuro e aparência de queimada. As principais causas deste

sintoma pode ser a seca, grande intensidade de luz, altas temperaturas, congelamento, ventos secos que tanto diminuem a quantidade de água disponível como aumenta a transpiração. A deficiência do potássio ou excesso de boro, cloro e sódio também podem resultar no crestamento da folha. FUNK & PETERSON (1980) acrescentam que geralmente este sintoma é acompanhado por clorose nas folhas.

A clorose refere-se ao amarelecimento das folhas, que pode ser causada por uma variedade de fatores e frequentemente é associada com o pobre crescimento. A clorose pode ser causada por doenças ou insetos, excesso de umidade no solo (KOZLOWSKI, 1984), clima frio, poluentes do ar e do solo, altos níveis de certos minerais no solo ou deficiências de nutrientes (PIRONE 1959). Além destes, HIMELICK & HIMELICK (1980) constataram que a redução da luminosidade, excessiva aplicação de cálcio e fósforo em fertilizantes e irrigação são causadores de clorose em árvores urbanas.

2.3. NUTRIÇÃO DAS ÁRVORES URBANAS

Na floresta, a maioria dos solos contém um balanço mais equilibrado de minerais essenciais para o crescimento natural das árvores. Entretanto, as árvores ornamentais geralmente são cultivadas em ambientes que podem não ser ideal para elas. As condições do solo urbano que normalmente são extremamente modificadas, podem afetar a disponibilidade de alguns nutrientes resultando em deficiências e/ou a toxicidade de outros nutrientes. Com a retirada das folhas ao redor das árvores de rua e a colocação de grama, há primeiramente uma exportação e depois uma intensa competição de nutrientes necessários para que ambas se mantenham saudáveis. Com isto, é comum se encontrar irregularidades envolvendo Fe, B e Cu. Em solos alcalinos, com muita quantidade de Ca, o Fe fica indisponível induzindo a clorose nas árvores e como consequência o declínio e uma maior suscetibilidade das árvores às doenças (TATTAR, 1881).

A condição satisfatória para um bom crescimento da árvore é a sua adequada nutrição. Os nutrientes fazem parte de todos os tecidos das plantas e também são importantes na função de catalizador, transportador, regulador da pressão osmótica e outros (GALVÃO,1978).

A planta tem capacidade limitada para uma absorção seletiva de elementos minerais que são essenciais para seu crescimento. Ela absorve elementos minerais necessários para o crescimento e que podem as vezes ser tóxicos. O metabolismo pode ser anormal se um ou mais elementos essenciais estão faltando ou se existir em excesso no solo. Os fatores que regulam a quantidade de nutrientes absorvidos pelas raízes das plantas são: concentração de nutrientes, profundidade da camada superficial do solo, textura e estrutura do solo, tipo de subsolo, pH e compactação do solo (HIMELICK,1975).

Uma série de fatores complexos controlam a saúde e vigor de uma árvore. As propriedades do solo são um dos fatores do ambiente físico que determinam o crescimento da árvore. A absorção de nutrientes pelas árvores é influenciada tanto pela possibilidade do solo fornecer nutrientes necessários como pela capacidade das plantas em utilizá-los. A condição do solo e a nutrição da árvore são especialmente importantes para o bom crescimento das árvores nas áreas urbanas. Os sítios urbanos são frequentemente sujeitos a remoção do solo ou distúrbios durante a construção das ruas resultando em perda de matéria orgânica e nutrientes (DYER & MADER,1986).

Os efeitos morfológicos visíveis ou sintomas de deficiências minerais indicam o resultado de alterações nos vários processos bioquímicos e fisiológicos internos. Geralmente é difícil determinar com certeza qual o que produz cada um dos efeitos observados, em virtude das complexas interações existentes. Em regra, a deficiência mineral acarreta a redução tanto da síntese dos carboidratos como do respectivo transporte para os tecidos em crescimento. Com frequência, a fotossíntese e a respiração são afetadas com a deficiência mineral (KRAMER & KOZLOWSKI, 1960).

Por outro lado, o excesso de nutrientes também causa injúrias e decréscimo no crescimento das plantas. A alta concentração de sais no solo pode aumentar a pressão

osmótica da solução do solo, reduzir a absorção de água, aumentando o déficit de água na folha, e injuriando os tecidos pela desidratação quando a taxa de transpiração é alta. Quando há severa desidratação das folhas, fecham-se os estômatos e reduz-se a fotossíntese. Altas concentrações de sais no solo podem injuriar as raízes finas pela extração de água dos mesmos. Isto pode ser visto em plantas crescendo em solos arenosos. A maioria das injúrias nas raízes é causada pela grande quantidade e tipo de fertilizantes, tempo de aplicação e sensibilidade da espécie (KOZLOWSKI,1985).

As raízes podem ser afetadas direta ou indiretamente pelo estresse nutricional. Diretamente, o estresse causa a morte das raízes, impede ou reduz o seu alongamento, ramificação e formação de micorriza. Indiretamente, as raízes são afetadas pelas influências adversas da fotossíntese e de outros processos fisiológicos da planta. O estresse nutricional pode reduzir a quantidade de carboidratos disponíveis para uso e estocagem nas raízes, retardar a produção de reguladores e outras substâncias necessárias para o crescimento ou interferir no transporte destes materiais para as raízes (WARGO,1983).

COLDERICK & HODGE (1991) estudando árvores urbanas, constataram que o crescimento das árvores foi mais fortemente correlacionado com as concentrações de nutrientes foliares do que com as propriedades físicas do solo.

2.4 TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DAS ÁRVORES URBANAS

Como foi visto anteriormente, os parâmetros utilizados para avaliação das árvores urbanas são ainda bastante subjetivos. Na agricultura e na silvicultura a avaliação do desempenho das árvores é determinada pelas suas respectivas produções baseadas nos critérios referentes a qualidade e quantidade, de acordo com seus objetivos. Já na área urbana, os critérios utilizados transcendem esses valores qualitativos e quantitativos, porque o envolvimento com os valores estéticos são bem maiores e mais difíceis de se quantificar,

devido a fatores sentimentais e psicológicos. SMILEY *et al*, (1985) afirmam que na literatura atual há terminologias conflitantes e inadequadas com a análise de nutrientes. E que a confusão é composta por problemas associados com a definição dos padrões de qualidade das árvores. O bom desempenho das árvores urbanas significa atender as necessidades físicas, estéticas, econômicas e psicológicas do homem. Portanto, qualquer sintoma que impeça a árvore de desempenhar estas funções pode ser um parâmetro valioso na avaliação das árvores urbanas.

2.4.1 Análise visual

As deficiências nutricionais geralmente se manifestam por sintomas nas folhagens das árvores. LEAF² citado por DYER & MADER (1986) afirma que a habilidade para identificar uma deficiência específica de determinada espécie, não somente requer uma observação cuidadosa, mas também requer análises de folhas das árvores e do solo que as cercam. Todas as três técnicas - análise visual, foliar e do solo - são comumente usadas na diagnose de deficiências ou toxicidades de nutrientes.

SIMÕES (1972) cita que os sintomas visuais são, muitas vezes, indicadores valiosos do estado nutricional das plantas. Eles podem revelar, ao olho treinado, a natureza de uma deficiência aguda, mas são menos eficientes nos casos de deficiências leves. Desta forma, pode acontecer casos em que a árvore se apresente visualmente saudável, mas tenha concentrações de nutrientes nas zonas de deficiência moderada, consumo de luxo ou de toxicidade moderada (SMILEY *et al*, 1985). Assim mesmo, um observador treinado poderá distinguir, pela cor e morfologia das folhas, uma árvore sadia e vigorosa de outra nutricionalmente deficiente. Portanto, dependendo do conhecimento e experiência do observador, os sintomas visuais podem ser úteis em fornecer advertência prévia, embora deva-se reconhecer que a sintomologia é uma técnica subjetiva e inexata (KRAMER & KOZLOWSKI, 1960).

²LEAF, A. L. K, Mg and S deficiencies in forest trees. In: **Forest Fertilization: Theory and Practice**. Alabama: TVA National Fertilizer Development Center, Muscle Shoals. p.88-122, 1968.

2.4.2 Análise foliar

De acordo com MUNSON & NELSON (1973), o estudo analítico foliar se baseia no princípio de que a análise de um nutriente é um valor integral de todos os fatores que interagem para afetá-lo. O mesmo autor afirma que vários investigadores observaram que a genética exerce um alto grau de controle sobre a absorção de nutrientes e sua concentração, sendo que a concentração atual reflete ambos os aspectos: genético e ambiental. Este fato encontra apoio na afirmativa de KRAMER (1987), em que a quantidade e a qualidade do crescimento da árvore depende da interação de dois grupos de fatores: potencialidades hereditárias e o ambiente em que a árvore cresce.

De acordo com LEAF (1973), a amostragem de tecidos abrange uma série de critérios para obter a melhor estimativa do estado nutricional das árvores: máxima diferença entre os dados químicos entre plantas doentes e afetadas e estabilidade no nível de nutrientes, a fim de minimizar a variação entre árvores do mesmo grupo.

Segundo ALDRICH (1973), a análise foliar geralmente é indicada para: a) diagnosticar ou confirmar diagnose de sintomas visíveis; b) identificar algum distúrbio na planta; c) localizar áreas de deficiências incipientes; d) indicar se deve ser aplicado adubo na planta; e) indicar interações ou antagonismos entre os nutrientes; f) ajudar o entendimento do funcionamento interno das plantas e g) sugerir testes adicionais na identificação de problemas ou perturbações na planta.

Deve-se entender que a análise foliar, quando acompanhada de análises de solo, de sintomas visuais de deficiência de nutrientes e do crescimento da planta, é uma ferramenta a mais que poderá ser bastante útil na difícil tarefa de avaliar e diagnosticar deficiências nutricionais em plantas (BARROS & NOVAIS, 1990).

KRAMER & KOZLOWSKI (1960) afirmaram que um dos maiores problemas na análise foliar é a dificuldade de se saber qual a quantidade considerada adequada de um elemento, sendo que a presença de certa quantidade de um elemento no tecido da planta não

garante sua disponibilidade para os processos fisiológicos. No entanto, com algumas restrições e dentro de certos limites, a análise foliar constitui um bom indicador do estado nutricional da planta. Existem algumas precauções para se obter resultados precisos ao se fazer a análise foliar, como: folhas de mesmo estágio de desenvolvimento, coleta em estações do ano definida, estabelecimento de padrões para as árvores de cada espécie. Quando necessário, efetuar a lavagem rápida das folhas e evitar coleta de folhas que foram expostas a chuvas prolongadas. Baseado no mesmo autor, através da análise foliar, foi possível identificar vários fatores que influenciam a composição mineral das árvores. Estes fatores é que determinam os métodos de amostragem. A seguir serão apresentados cada um destes fatores acompanhado da recomendação de amostragem.

O primeiro refere-se as **diferenças entre espécies**. Cada espécie tem sua composição mineral característica. Segundo SMITH (1962), plantas de diferentes espécies diferem amplamente tanto no requerimento quanto na habilidade de absorver nutrientes em um meio comum. Isto indica que elas têm um mecanismo que as capacitam a seletividade de absorção, que naturalmente pode variar qualitativamente como quantitativamente de espécie para espécie.

A composição mineral da amostra pode variar de acordo com a **idade das folhas**. As amostras para análise devem ser coletadas de preferência num período em que o teor mineral na planta é relativamente estável. Alguns investigadores recomendam a coleta de folhas a mesma hora para que se eliminem possíveis variações diurnas.

Quantidades apreciáveis de solutos orgânicos e inorgânicos são eliminados das folhas saudáveis através de **lavagem** ocasionada pela chuva e orvalho.

A **posição das folhas na árvore** interfere na sua composição química. Geralmente, as folhas em posição sombreada não devem ser coletadas para análise foliar porque realizam uma fotossíntese fraca e o pequeno incremento no peso de matéria seca proporciona elevadas concentrações de minerais. HILDEBRAND *et al* (1976) demonstraram que os elementos químicos apresentam uma nítida distribuição vertical na copa viva. Esta distribuição vertical

está muito relacionada com as características de mobilidade dos nutrientes, bem como a qualidade do sítio. MEAD (1984) afirmou que, em se tratando de coníferas, a melhor posição de coleta de amostras é na parte do topo das copas, porque estas respondem mais às condições de luminosidade do que às diferenças entre os sítios e conseqüentemente às condições nutricionais. BELLOTE (1990), pesquisando o estado nutricional de *Eucalyptus grandis*, afirmou que os teores de alguns nutrientes minerais nas folhas das diferentes partes da copa mostraram comportamentos variados. BIONDI & REISSMANN (1992) concluíram que a melhor parte da copa para a análise química foliar das árvores de *Lafoensia pacari*, na arborização urbana de Curitiba-PR, é a posição do meio da copa.

A quantidade de nutrientes minerais na folha reflete o **teor mineral do solo**. Diferenças de composição química foliar entre árvores de mesma espécie podem ser observadas em função das características de cada tipo de solo.

O período de tempo entre a coleta das folhas e o **tratamento das amostras** foliares devem ser o menor possível, para que a análise foliar expresse com precisão a situação da árvore naquele momento. Se não for feita a morte imediata das folhas após a coleta, o processo da respiração é continuado e isto provocará um decréscimo no peso da matéria seca e um aumento no teor mineral que será expresso como percentagem deste peso.

Com relação a **época do ano**, BICKELHAUPT *et al* (1979) verificaram a influência do regime climático sazonal na interpretação da análise foliar do *Pinus resinosa*. Segundo REISSMANN (1991), é importante efetuar a amostragem numa época em que se verifica uma faixa de relativa estabilidade porque há uma diferença estacional efetiva durante a fase de crescimento do órgão amostrado e a absorção e incorporação do mesmo ao tecido. O pico maior de crescimento é na primavera e verão.

Quanto ao **número de amostras**, na silvicultura, o número mínimo de árvores está relacionado com o tamanho da parcela amostrada. Uma parcela de 400m², requer uma amostragem mínima de 4 árvores. No entanto, quanto maior o número de árvores de uma mesma classe fitossociológica, melhor é a representatividade da amostragem, há referências de

até 15 árvores/parcela (ZÖTTL, 1973). Para análise foliar em árvores urbanas, ainda não foi estabelecido um número mínimo de árvores, apenas se tenta coletar o número máximo de árvores com as mesmas características e/ou com sintomas, com a possível homogeneidade do local.

Com relação a **idade da árvore**, deve-se trabalhar com árvores de idades conhecidas e uma amostra de árvores com idades semelhantes (LEYTON & ARMSON, 1955).

Além destes fatores, existem outros importantes citados por SMITH (1962) como: o efeito da translocação dos nutrientes na planta, o efeito da frutificação, o efeito antagonístico e sinérgico, as relações bioquímicas da nutrição e o efeito ambiental, que devem ser levados em consideração principalmente na interpretação da análise foliar.

2.4.3 Análise de solo

De acordo com VAN RAIJ (1987), a análise do solo avalia o grau de suficiência e deficiência de nutrientes do solo, assim como as condições adversas que podem prejudicar uma determinada cultura. PECK (1981) constatou que a análise do solo pode ajudar no programa de arborização de duas maneiras: a) no planejamento - na seleção do sítio e ou seleção das espécies e b) problemas com a árvore - quando se desconhece a causa de distúrbios na árvore. HODGE & KNOTT (1993) concluíram que a diagnose da performance das árvores urbanas requer uma avaliação das condições físicas do solo.

No meio urbano, a coleta de solo não pode ser padronizada pois as condições são as mais diversas possíveis. Deve-se, portanto usar a criatividade e bom senso para que a amostragem seja realmente representativa da área em que a árvore se beneficia. RUARK *et al* (1982b) constataram que uma amostragem composta para o solo urbano aumenta a precisão da estimativa das propriedades física e química do solo. Observaram ainda que: a variação do solo parece ser mais pronunciada na profundidade de 15-30 cm do que a 0-15 cm; uma

amostragem de 5 amostras dá melhores estimativas dos parâmetros do solo e finalmente, a amostra composta tem resultados superiores ao da amostra de pontos individuais sob a projeção da copa da árvore. HELLIWELL (1986) fez algumas ressalvas com relação a extensão das raízes da árvore, como: a) a maioria dos pêlos absorventes estão na camada superficial do solo, embora sua extensão varie com o tipo de solo, clima, espécie e presença ou ausência de outra vegetação e b) as raízes se estendem a uma distância sob a copa da árvore, embora também varie com a espécie e a proximidade de outras árvores ou barreiras que impedem a penetração da raiz. WATSON (1987) informou que os pêlos absorventes de uma árvore são encontrados na profundidade de 20 cm da superfície do solo. HELLIWELL (1989) afirmou que geralmente o padrão típico de pêlos absorventes fica sob a profundidade de 600 mm e poucos pêlos estão a 1 ou talvez 2 metros da superfície do solo. HARRIS (1992) complementou estas informações dizendo que as raízes de uma árvore geralmente se estende numa distância de duas a três vezes o raio ou a altura de sua copa, e a maioria dos pêlos absorventes estão na superfície do solo (30 cm) e poucas raízes crescem a profundidade de 1 metro.

BIONDI & REISSMANN (1993) para estudar o vigor das árvores na área urbana, coletaram amostras de solo compostas de 4 sub-amostras na profundidade de 30 cm sob a projeção de copa da árvore.

2.5 FOTOSSÍNTESE E AMBIENTE URBANO

De acordo com INOUE (1993a), o estudo do aparelho fotossintético tem fundamental importância quando é relacionado com as influências sofridas (internas e externas) e seus efeitos sobre o comportamento geral da planta. As diversas condições ambientais como luminosidade, estresse hídrico, poluição e outras, podem apresentar diferentes valores na constituição dos pigmentos. Segundo KRAMER & KOZLOWSKI (1960), o processo

fisiológico mais importante que ocorre nas árvores é a fotossíntese, para o fornecimento de carboidratos necessários para o seu crescimento. A energia total convertida e armazenada pelas folhas na fotossíntese durante um ano é cerca de 100 vezes superior àquela que se encontra no carvão extraído das minas de todo o mundo em igual período de tempo. LARCHER (1986) enfatiza dizendo que neste processo, a energia absorvida é transformada em energia de ligações químicas, e de cada átomo-grama de carbono assimilado obtém-se energia potencial equivalente a 477 kJ (144 kcal).

Os pigmentos têm um papel essencialmente importante no processo da fotossíntese, além de proporcionar cor às plantas. GREGORY (1971) constatou que num feixe de luz, cerca de 2400 moléculas de clorofila cooperam na redução de uma molécula de dióxido de carbono para a produção de uma molécula de oxigênio. KRAMER & KOZLOWSKI (1979) afirmaram que os pigmentos da clorofila mais importante para as árvores são do tipo **a** e **b** e que eles diferem entre si, principalmente na quantidade existente nas plantas. Os carotenóides são mais resistentes à destruição em condições desfavoráveis, como a ausência de luz. Nas folhas, o conteúdo total de clorofila é aproximadamente 1% do peso seco. As quantidades e as proporções de pigmentos variam de acordo com as espécies, o meio e a idade das folhas. Em geral, a proporção de clorofila para os carotenóides é de 3:1, enquanto a clorofila **a** é de 2 a 3 vezes mais abundante do que a clorofila **b**. Quanto a influência do meio na fotossíntese, LARCHER (1986) relatou que o excesso ou a falta de nutrientes minerais pode ser prejudicial à fotossíntese. Concentração muito alta de certos minerais, especialmente os íons de metais pesados e poluentes atmosféricos diminuem a fotossíntese. Alguns elementos minerais são direta e indiretamente envolvidos com os pigmentos responsáveis pelo processo da fotossíntese como: manganês que é um ativador de fotólise; potássio que está envolvido no sistema de transporte de elétrons nos tilacóides; o nitrogênio e magnésio que são componentes da clorofila; ferro, cobalto e cobre, por estarem incluídos nas enzimas e o fósforo, por ser componente dos nucleotídeos.

Muitos experimentos indicam que a fotossíntese é reprimida em árvores expostas a poluentes. O declínio da fotossíntese pode ser causado pelas alterações no conteúdo de clorofila, permeabilidade da membrana ou abertura estomatal. As importantes trocas bioquímicas são também associadas com a contaminação atmosférica, incluindo a modificação na atividade enzimática e alterações no padrão de fixação de CO₂ (BRUCE, 1977).

KAMMERBAUER *et al* (1987) constataram que o crescimento, fotossíntese e transpiração foram significativamente reduzidos em árvores expostas à poluição, quando comparadas com uma testemunha numa área não poluída, a uma distância de 15 Km.

SAUTER *et al* (1987) observaram cristaloides de argila na cera epistomatal de plantas de *Picea abies*, quando expostas, por 20 semanas, às emissões de veículos ao longo das rodovias. Esta degradação estrutural foi considerada a causadora da redução das taxas de transpiração e fotossíntese pela oclusão estrutural das ante-câmaras estomatais.

LANZ & SCHWABEDISSEN (1986) observaram que as taxas de crescimento, brotação e condição das acículas de *Picea* eram melhoradas com o aumento da distância das árvores até a estrada. Concluíram então que, a exaustão da fumaça dos veículos tem um efeito direto (injúria) sob esta espécie a uma distância de 40-60m dentro do povoamento.

KUMAWAT & DUBEY (1988), analisando os efeitos tóxicos das descargas aéreas de indústrias de aço em *Dabergia sissoo* e *Azadirachta*, constataram que os pigmentos de clorofila, carotenóides e níveis de pH nas folhas diminuíram, enquanto o índice de injúria foliar aumentou. Os efeitos foram máximos no inverno, seguido por verão e estações chuvosas.

CORNIC (1987) concluiu que as plantas com estresse hídrico e submetidas à poluição por SO₂ apresentam uma grande redução na capacidade fotossintética.

MAREK & LOMSKY (1987) constataram que a fertilização pode ser muito eficiente no aumento da taxa fotossintética. Em experimentos, o tratamento com uréia aumentou em 80% a taxa fotosintética de árvores.

INOUE (1993b) constatou uma concentração mais elevada de clorofilas nas acículas de árvores adubadas com N e Mg. O elevado valor da relação das clorofilas **a** e **b** das plantas não

adubadas reforçaram a hipótese de que, nas plantas adubadas, houve mais estímulo na concentração de pigmentos pela adição de N e Mg e com isso, um aumento respectivo da clorofila b. Isto pode indicar também alguma reação dos pigmentos ao estresse ambiental.

GROSS (1989) observou que a fotossíntese líquida é reduzida em árvores com limitado suprimento de água. O grau de redução depende principalmente da intensidade do estresse hídrico, déficit de vapor d'água e nível do ponto de perda de turgor. A redução da fotossíntese líquida é sempre maior sob dias longos e verão ensolarados com dias de déficit de saturação de vapor d'água. Sob dias úmidos e nublados ou dias curtos em outono, com dias de baixo déficit de vapor d'água, a redução na fotossíntese líquida é menos pronunciada.

KOZLOWSKI & KELLER (1966) constataram em povoamento de *Pinus*, que a fotossíntese aumentava sob tensões levemente abaixo da capacidade de campo. Quando a umidade do solo decresceu, a fotossíntese sofreu um rápido decréscimo. Concluíram que espécies exigentes de luz possuem uma forma de diminuição da fotossíntese sob condição de solo saturado juntamente com o ar seco. BABALOLA *et al* (1968) também obtiveram estas mesmas constatações com *Abies balsamea* e *Abies concolor*.

KRAMER (1964) observou que o déficit de água poderá diminuir a fotossíntese na qual resultará em menos carboidratos para a grossa parede secundária e outras atividades da região cambial.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CIDADE DE CURITIBA

A cidade de Curitiba está localizada a 25° 25' 48" de latitude sul e 49° 16' 15" de longitude oeste de Greenwich, com uma área de 432,418 km² e limita-se com os municípios de Almirante Tamandaré, Colombo, Piraquara, São José dos Pinhais, Mandirituba, Araucária e Campo Largo (INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA, 1991). De acordo com a classificação de Koeppen, o clima de Curitiba é do tipo Cfb, sempre úmido, pluvial quente-temperado. A temperatura média anual é de 16,5 °C, sendo 20,4 °C nos meses mais quentes e 12,7 °C nos meses mais frios, com mais de 5 geadas por ano e precipitação anual de 1.450,8 mm (MAACK, 1968).

O relevo da cidade é levemente ondulado, com formação de colinas, morros baixos e terraços ao norte, sul e sudeste, caracterizando uma baixada as margens do rio Iguaçu (IPPUC, 1991). Os possíveis grupos de solo existentes na cidade são Cambissolo Álico, Latossolo Vermelho Amarelo Álico, Podzólico Vermelho Amarelo e Rubrozem (LEVANTAMENTO..., 1974).

Em 1990, a cidade possuía 1.608.151 habitantes (IPPUC, 1991). Na microrregião de Curitiba, a densidade demográfica era 164,5 habitantes / Km² na área urbana e 46,6 habitantes / Km² na área rural (IBGE, 1990).

Até 1990, Curitiba apresentava aproximadamente 140.000 árvores plantadas em ruas, além dos plantios efetuados para adensamento de bosques, arborização de parques, praças e outros logradouros públicos (IPPUC, 1991). Nas ruas de Curitiba, a estimativa de uma cobertura arborea equivalente a 395,08 ha, corresponde a 6,64 % do total de áreas arborizadas (MILANO *et al*, 1992). A proporção de ruas arborizadas em relação ao total de vias da cidade é de 32,80 %, compreendendo 1.175,48 km de extensão (HARDT, 1994).

3.2 IPÊ - *Tabebuia chrysotricha* (Mart, ex DC.) Standl

É uma espécie nativa de ocorrência natural da floresta pluvial Atlântica, desde o Espírito Santo até Santa Catarina. Muito utilizada para fins ornamentais, principalmente pela sua exuberante floração. Devido ao seu porte, na arborização de ruas, é uma árvore adequada às ruas estreitas e fiação aérea baixa (LORENZI, 1992). Pertence a família Bignoniaceae, possui um crescimento lento, pode chegar de 20 a 30 m de altura, com 60-100 cm de DAP com tronco que varia de reto a tortuoso (INOUE *et al*, 1984). Na cidade de Curitiba é uma das espécies mais plantadas. De acordo com levantamento feito por MILANO (1984), o ipê representou 7,7 % da população total amostrada. Aparentemente esta espécie mostra-se bastante resistente a poluição urbana. Nesta cidade, a maioria de seus plantios estão situados em áreas com grande tráfego de veículos e as características originais da espécie se mantêm fieis. É uma espécie caducifolia, com a queda das folhas substituída pela floração de cor amarela vistosa, dando um belíssimo efeito paisagístico às ruas. Na floração, durante os meses de agosto e setembro, a coloração das flores produz efeito tanto na copa da árvore como no chão das ruas, com a formação de um tapete que contrasta com o cinza do asfalto.

3.3 ACER - *Acer negundo* L.

É uma espécie exótica, originária da parte ocidental da América do Norte, pertencente a família Aceraceae (VALLARDI, 1991), muito utilizada na arborização urbana do sul do Brasil, principalmente na cidade de Curitiba-PR. Das várias espécies plantadas na cidade de Curitiba, o acer tem a característica de evidenciar as mudanças das estações do ano, com suas diferentes tonalidades de cor da folhagem da copa e queda total das folhas durante o inverno. Paisagisticamente, esses efeitos estéticos dão à cidade um dinamismo e ao mesmo tempo quebra a monotonia do verde permanente das árvores perenifolias de floração discreta. De

acordo com MILANO (1984), o acer é também uma das espécies mais plantadas em Curitiba, representando 9,2 % da população total amostrada pelo autor. Segundo HARRIS (1992), esta espécie possui um sistema radicial com raízes laterais profundas; tem uma relativa insensibilidade ao NO_3^- , que é uma das combinações do nitrogênio na atmosfera resultante da poluição, de ação muito tóxica às plantas; está no grupo de árvores que reduz o ruído na proporção de 4 a 6 db; pode alcançar a altura de 20 a 25 metros de altura e uma longevidade de 75 a 100 anos de vida. KOZLOWSKI (1985) afirma que o acer é uma das espécies tolerantes a solos pobremente aerados.

3.4 SELEÇÃO E COLETA DO MATERIAL ESTUDADO

3.4.1 Seleção das espécies

Dentre o elenco das espécies mais plantadas na arborização de Curitiba citado por MILANO (1984), o ipê amarelo (*Tabebuia chrysotricha*) e o acer (*Acer negundo*) foram aquelas que mais ofereciam condições adequadas para a caracterização do estado nutricional e suas relações com o meio. Foram escolhidas estas duas espécies por várias razões: são das mais plantadas, obviamente são importantes; uma é exótica (*Acer negundo*), tem-se referências do local de origem para comparações; outra é nativa (*Tabebuia chrysotricha*), se conhece muito pouco ou quase nada em condição urbana, podendo ser um ponto de apoio para futuras pesquisas com espécies nativas. Para a comprovação das espécies em estudo, foi feito exsicata com o material florístico de cada espécie e enviado ao Laboratório de Dendrologia do Curso de Engenharia Florestal da UFPR, sob os números EFC 4209 e EFC 4210.

3.4.2 Seleção dos locais

Foram escolhidos locais com uniformidade de relevo, considerando uma declividade de até 1%. A tipologia dos locais foi feita da seguinte forma:

- a) locais de tráfego intenso, considerados bastante poluídos - trechos da rua Marechal Floriano no bairro do Parolim;
- b) locais de tráfego mediano, razoavelmente poluídos - trechos da rua Rocha Pombo no bairro do Juvêve e trechos da rua Desembargador Westphalen e rua Ceará no bairro do Parolim;
- c) locais estritamente residenciais, pouco poluídos - trechos da rua Carvalho Chaves no bairro do Parolim e trechos das ruas Barão de Campos Gerais, Paraguassu, Mauá no bairro do Juvêve;
- d) locais de parques, bosques e arboretos, pouco alterados pela urbanização e protegidos da poluição urbana - parque São Lourenço, arboreto da Embrapa (CNPQ), arboreto de um colégio na estrada da Ribeira Km 2.

As condições de plantio também serviram para caracterizar o local, como:

- a) área pavimentada - quando a árvore está crescendo circundada pela pavimentação com todo espaço em volta, impermeável;
- b) canteiro gramado - quando a árvore está crescendo com alguma área livre de pavimentação, com gramado na superfície do solo;
- c) parque - quando a árvore está crescendo livremente, sem obstáculos físicos e a superfície do solo com ou sem gramado.

3.4.3 Seleção das árvores

Os plantios foram selecionados com pouca diferença de idade. Segundo informações da Prefeitura de Curitiba, as árvores de acer escolhidas para este trabalho foram plantadas no período de 1977 a 1978, enquanto as árvores de ipê foram plantadas no ano de 1980.

Além das árvores plantadas nas calçadas, foram selecionadas árvores plantadas em locais poucos alterados pela urbanização, para efeito de testemunha. Com relação a estas árvores, não há informação precisa da idade do plantio.

3.4.4 Parâmetros de vigor qualitativos

Para cada espécie foram coletadas as seguintes informações das árvores para a análise dos parâmetros de vigor qualitativos:

- a) localização - rua e número da casa ou alguma referência para localizar e monitorar a árvore;
- b) coloração da folhagem - com o auxílio da carta de MUNSELL (1954) determinou-se a coloração mais parecida com as folhas da copa, atribuindo-se uma nota para cada tonalidade de verde, como nota 1 - tonalidade 5Gy (3/4), e assim por diante. Depois, para efeito de análise, as notas foram arrumadas de acordo com a tonalidade do verde. A medida que os valores das notas aumentavam, a tonalidade do verde foi clareando;
- c) presença de epífitas - foi considerado as diversas espécies de epífitas especialmente a erva de passarinho que também é um hemi-parasita. A percentagem de ocupação das epífitas na copa da árvore foi feita visualmente. Foi atribuído as seguintes notas:

Nota 0 - árvore sem epífitas;

Nota 1 - até 30 % da árvore ocupada por epífitas;

Nota 2 - de 31 a 70 % da árvore ocupada por epífitas;

Nota 3 - acima de 71 % da árvore ocupada por epífitas.

d) presença de galhos secos - seguiu o mesmo critério:

Nota 0 - árvore sem galhos secos;

Nota 1 - até 30 % da árvore ocupada por galhos secos;

Nota 2 - de 31 a 70 % da árvore ocupada por galhos secos;

Nota 3 - acima de 71 % da árvore ocupada por galhos secos.

e) presença de pragas - foi observado se a praga estava presente na árvore, caso contrário, investigava-se em laboratório. O procedimento foi o mesmo seguido anteriormente:

Nota 0 - árvore sem pragas;

Nota 1 - até 30 % da árvore ocupada por pragas;

Nota 2 - de 31 a 70 % da árvore ocupada por pragas;

Nota 3 - acima de 71 % da árvore ocupada por pragas.

f) presença de doenças - considerou-se doenças qualquer alteração das folhas, copa e o estado geral da árvore, como murcha, clorose, manchas e redução do tamanho das folhas, raleamento e/ou seca da copa e outros. Os mesmos critérios foram seguidos:

Nota 0 - árvore sem doenças;

Nota 1 - até 30 % da árvore ocupada por doenças;

Nota 2 - de 31 a 70 % da árvore ocupada por doenças;

Nota 3 - acima de 71 % da árvore ocupada por doenças.

g) presença de frutos - foi considerado os mesmos critérios:

Nota 0 - árvore sem frutos;

Nota 1 - até 30 % da árvore ocupada por frutos;

Nota 2 - de 31 a 70 % da árvore ocupada por frutos;

Nota 3 - acima de 71 % da árvore ocupada por frutos.

h) densidade da copa - foi considerado os seguintes critérios:

Nota 1 - copa rala;

Nota 2 - copa média;

Nota 3 - copa densa.

i) danos ao tronco - considerou-se os danos causados por doenças, pragas, atos de vandalismos e acidentes. Também seguiu os mesmos critérios anteriormente:

Nota 0 - árvore sem danos ao tronco;

Nota 1 - até 30 % do tronco ocupado por danos;

Nota 2 - de 31 a 70 % do tronco ocupado por danos;

Nota 3 - acima de 71 % do tronco ocupado por danos.

j) outras informações julgadas importantes na caracterização da árvore.

Para minimizar os efeitos subjetivos da análise, as informações qualitativas foram obtidas através de um consenso de 3 observadores, utilizando os critérios previamente estabelecidos.

As árvores também foram separadas, visualmente, por padrão superior - àquela que tinha as melhores condições fitossanitárias e estéticas para uso na arborização e padrão inferior - àquela que tinha problema de qualquer ordem que poderia torná-la menos atrativa à arborização.

3.4.5 Parâmetros de vigor quantitativos

Os parâmetros de vigor quantitativos foram: diâmetro de copa (DCo), perímetro a altura do peito (PAP), peso de cem folhas (PCF), alongação dos ramos (ER), peso dos ramos (PR) e área foliar (AF).

A obtenção destes parâmetros foi feita da seguinte forma:

- a) DCo - medida feita com trena sob a projeção da copa, em metros;
- b) PAP - medida feita com fita métrica, em centímetros;
- c) PCF - foram separadas 100 folhas (adultas) de cada árvore e levadas para a estufa a 70 °C para determinação do peso seco e análise de nutrientes;

- d) ER - foram separados 5 galhos de cada árvore e medidos, com uma régua, o crescimento no broto do corrente ano;
- e) PR - depois de medidos os 5 galhos, foram cortados 30 cm basais destes e levados para a estufa a 70 °C, a fim de obter o peso seco;
- f) AF - foram separadas 2 folhas (de idade fisiológica adulta) de cada um dos cinco galhos coletados por árvore. Estas folhas foram acondicionadas em cartuchos de papel e borrifadas com álcool, para posterior determinação da área foliar. A área foliar foi determinada com planímetro eletrônico. Embora EVANS (1972) considere necessário uma amostra de 6 a 8 folhas para estimar a área foliar total de uma árvore, para esta análise foram amostradas 10 folhas de cada árvore para estimar a área foliar média de cada árvore.

3.4.6 Coleta e amostragem do material vegetal

A coleta do material vegetal (folhas, galhos e frutos) para a medição dos parâmetros quantitativos e análise química foi feita na posição do topo da copa da árvore. Antes da coleta definitiva, foi tentado coletar material vegetal na posição média da copa e exposição norte, indicada como a melhor posição de coleta (BIONDI & REISSMANN, 1992; BELLOTE, 1990 e MOREIRA *et al*, 1984) mas foi impossível uniformizar a coleta por causa da orientação das ruas e interferências das casas e prédios. Com o auxílio e autorização do Setor de Arborização Urbana da Prefeitura de Curitiba foi possível coletar o material vegetal no topo da copa, parte da árvore com menos influência do sombreamento proveniente da estrutura urbana.

A coleta foi realizada na época do verão (janeiro de 1993), com material gerado na primavera e verão do ano anterior.

Foi impossível obter as mesmas categorias das duas espécies estudadas nos locais selecionados. As diferenças de categorias das árvores não prejudicaram a caracterização

nutricional de cada espécie, porque os resultados analíticos não foram confrontados entre si. Visto que cada espécie tem seus processos físicos e químicos específicos.

As categorias e quantidades das árvores de *acer negundo* amostradas foram as seguintes:

- a) 30 árvores de padrão superior em área pavimentada;
- b) 17 árvores de padrão inferior em área pavimentada;
- c) 31 árvores de padrão superior em canteiro gramado;
- d) 15 árvores de padrão inferior em canteiro gramado;
- e) 14 árvores de parque.

A quantidade de árvores de *Tabebuia chrysotricha* amostrada foi a seguinte:

- a) 30 árvores de padrão superior em área pavimentada de local poluído;
- b) 15 árvores de padrão inferior em área pavimentada de local poluído;
- c) 31 árvores em área pavimentada de local residencial;
- d) 37 árvores em canteiro gramado de local residencial;
- e) 13 árvores de parque

3.4.7 Coleta de folhas senescentes das árvores de acer

Com o propósito de analisar as possíveis causas do amarelecimento precoce das folhas de acer nas ruas, foi amostrado um grupo de 50 árvores da população total desta espécie plantada no ambiente urbano e nos parques.

Na cidade de Curitiba, o amarelecimento da folha de acer se dá ainda no verão (no final) e estende-se até o fim do outono, de maneira bastante desuniforme entre as árvores. Observou-se que a diferenciação na rapidez e intensidade do amarelecimento das folhas variava de acordo com o local e as condições da árvore. Com esta coleta foi possível analisar o comportamento dos nutrientes minerais quando a árvore está se preparando para a fase de

repouso. Além disto, também foi possível estimar a taxa de redistribuição e acúmulo de nutrientes, que reflete o movimento dos mesmos entre o intenso período vegetativo e a fase inicial para o período de dormência da árvore.

A coleta foi feita da seguinte forma:

- a) 15 árvores de padrão superior em área pavimentada;
- b) 10 árvores de padrão inferior em área pavimentada;
- c) 15 árvores de padrão superior em canteiro gramado;
- d) 10 árvores de padrão inferior em canteiro gramado.

3.4.8 Coleta de solo

Para a análise do solo utilizado pelas árvores de canteiro gramado e parques, foi feita uma amostra composta sob a projeção da copa da árvore. Cada amostra foi composta de 4 sub-amostras, a uma profundidade de 0-30 cm.

Tendo em vista as dificuldades de coleta de solo utilizado pelas árvores de área pavimentada, foram feitas 5 amostras compostas para as árvores de acer em área pavimentada, 5 amostras compostas para as árvores de ipê em área pavimentada residencial e 5 amostras para as árvores de ipê em área pavimentada de local poluído. Cada amostra foi composta de no mínimo 2 sub-amostras, a uma profundidade em torno de 0-30 cm, coletadas com trado inserido sob a área calçada a partir de determinadas fendas.

3.5 ANÁLISE DE NUTRIENTES

3.5.1 Análise química foliar

Para a realização da análise química foliar, foi obtida uma amostra composta de folhas pertencentes a 5 galhos de cada árvore.

Antes de iniciar a análise química, as folhas foram lavadas com água deionizada. Conforme HILDEBRAND *et al* (1976), a análise química foliar foi processada da seguinte forma:

- a) secagem - a 70 °C em estufa e moagem até a consistência de pó;
- b) digestão - por incineração a 500 °C, com solubilização em HCl a 10 % e filtragem.

Os elementos foram determinados através dos seguintes processos:

- a) a determinação do N, segundo Kjeldahl;
- b) a determinação do P, por colorimetria com molibdato-vanadato de amônio;
- c) a determinação do K, por fotometria de emissão;
- d) a determinação do Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al, por absorção atômica.

3.5.2 Análise química e física do solo

As amostras de solo foram enviadas, para a análise de rotina (física e química) ao Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias.

Na análise física foram determinadas: % de areia, % de silte e % de argila.

Na análise química foram determinadas: pH em CaCl₂; Al⁺³, H+Al, Ca⁺², Mg⁺², K⁺, T, P, C e V, segundo EMBRAPA (1979).

3.6 ANÁLISE DE PIGMENTOS FOLIARES

3.6.1. Seleção das árvores e locais

A seleção das árvores foi aleatória dentro do grupo de árvores amostradas para o estudo da nutrição. Na busca das influências ambientais e suas relações com o vigor das árvores urbanas, foram selecionados os mesmos locais usados para analisar o estado nutricional. Assim foram selecionadas 5 árvores para cada local. A coleta do material foliar foi feita na parte mais exposta da copa e na posição que mais caracterizasse o tipo do local, como: as folhas das árvores situadas em locais considerados poluídos foram coletadas no lado do tráfego de veículos e as folhas das árvores situadas em áreas residenciais foram coletadas na posição voltada para as residências.

3.6.2 Extração e determinação dos pigmentos foliares

A determinação dos pigmentos foi feita em folhas adultas que atingiram o seu máximo desenvolvimento e com coloração verde característica de cada espécie.

Para o acer, a unidade amostral foi constituída por uma árvore, sendo tomadas 6 sub-amostras de 6 folhas, formando uma amostra composta com 5,196 cm² de área.

Para o ipê, a unidade amostrada foi constituída por uma árvore, sendo tomadas 4 sub-amostras de 4 folhas, formando uma amostra composta com 3,464 cm² de área. Devido a alta concentração do extrato testado com a leitura no espectrofotômetro, foi preciso diminuir a área da amostra de ipê. Obviamente esta diferença de concentração do extrato é uma característica de cada espécie.

Conforme INOUE (1993a), as folhas foram rapidamente lavadas e maceradas em almofariz com o auxílio de areia de quartzo e acetona a 80 %. O material macerado foi transferido cuidadosamente para o tubo da centrífuga, lavando várias vezes o almofariz com acetona até ficar sem nenhum resíduo do extrato. Os extratos das amostras foram centrifugados por 10 min. a 3000 rpm, sendo a seguir transferidos para balões de 25 ml. O sedimento restante no tubo foi novamente misturado com acetona e centrifugado pela 2ª vez por 10 min. Feito isto, o extrato foi transferido para os mesmos balões, completando o volume e agitando para homogeneizar o extrato.

O extrato de cada unidade amostral foi submetido à leitura da absorbância em espectrofotômetro, nos comprimentos de onda de 470, 647 e 664 nm. A concentração dos pigmentos foi expressa em mg. m^{-2} ou $\mu\text{g. g}^{-1}$.

O cálculo da concentração dos pigmentos foi efetuado segundo as fórmulas estabelecidas por LICHTENTHALER (1987):

$$C_a = 12,25 \times A(664) - 2,79 \times A(647)$$

$$C_b = 21,50 \times A(647) - 5,10 \times A(664)$$

$$\text{Car} = 1000 \times A(470) - (1,82C_a - 85,02C_b) / 198, \text{ onde:}$$

C_a = clorofila α ;

C_b = clorofila β ;

Car = carotenóides (caroteno + xantofila);

$A(470)$, $A(647)$ e $A(664)$: valor da absorbância no comprimento de onda indicado.

3.7 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Para análise de acer, as árvores foram classificadas em:

- a) superior e inferior - resultado de uma análise visual do vigor das árvores;
- b) área pavimentada e canteiro gramado - condições de plantio;

c) frutificada e não frutificada - estadios fenológicos em que a árvore se encontrava.

Os dados foram submetidos a análise de variância obedecendo a um esquema fatorial 2x2x2 no delineamento inteiramente ao acaso.

Para a análise de ipê, foi seguida a mesma classificação das árvores feita na coleta (ver item 3.4.6).

Foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso com número variável de repetições por tratamento. As médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Tukey.

Para análise das árvores de parque, de acer e ipê, utilizou-se o teste T que, segundo FREESE (1967), é aplicado para esta situação, quando compara-se médias de árvores sem o conhecimento da idade e em locais distintos.

Na análise visual das árvores, de acer e ipê, foi utilizada a análise de correlação de Sperman.

O nível de significância utilizado em todas as análises foi de 5 %.

Para análise de pigmentos foliar, foi utilizado análise de variância com delineamento inteiramente ao acaso, com 5 repetições.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE VISUAL

4.1.1 Parâmetros de vigor qualitativos

4.1.1.1 Acer

Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados, os valores percentuais dos parâmetros de vigor qualitativos das árvores superiores e inferiores de acer de área pavimentada e canteiro gramado.

Observa-se na Tabela 1 que os altos valores percentuais de ausência nos parâmetros epífitas, pragas e doenças indicam que a grande maioria das árvores analisadas apresentaram um ótimo estado fitossanitário. Embora mais de 60 % das árvores superiores tenham apresentado copa do tipo densa, mais de 80 % das copas não apresentaram galhos secos. Isto pode indicar que elas estão em pleno vigor, com grande capacidade fotossintética e alto transporte de carboidratos. Com relação aos focos de entrada de organismos apodrecedores do tronco, observa-se que mais de 60 % das árvores não apresentaram danos ao tronco, que facilitou ainda mais o bom desempenho das árvores.

TABELA 1 - VALORES PERCENTUAIS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUALITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER DE ÁREA PAVIMENTADA.

	Árvores Superiores				Árvores Inferiores			
	Notas							
	0	1	2	3	0	1	2	3
Epífitas	80,0	20,0	-	-	88,0	6,0	6,0	-
Pragas	100	-	-	-	100	-	-	-
Frutos	63,0	7,0	10,0	20,0	59,0	-	18,0	23,0
Copa	-	-	37,0	63,0	-	18,0	59,0	23,0
Tronco	63,0	20,0	10,0	7,0	29,0	18,0	18,0	41,0
Doenças	77,0	20,0	3,0	-	12,0	18,0	24,0	35,0
G.Secos	87,0	13,0	-	-	59,0	35,0	6,0	-

As notas 0, 1, 2 e 3 referem-se a intensidade de ocorrência do referido parâmetro na árvore (ver item 3.4.4).

Nas árvores inferiores (Tabela 1), os parâmetros epífitas e pragas não mostraram nenhuma diferença em relação às árvores superiores. Quanto a frutificação, 41 % das árvores inferiores apresentaram grande intensidade de frutos na copa. Quase 90 % das árvores inferiores apresentaram algum indicio de doenças, os sintomas mais comuns foram: clorose, redução do tamanho e quantidade de folhas, crescimento reduzido e seca dos brotos. A densidade de copa predominante foi a do tipo média (59 %), contudo, a percentagem de galhos secos foi de 41 %.

Os resultados obtidos na Tabela 2 mostraram que os parâmetros de vigor como densidade de copa, danos ao tronco, doenças e galhos secos foram determinantes para o aspecto não saudável das árvores, evidenciando o padrão inferior destas árvores.

TABELA 2 - VALORES PERCENTUAIS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUALITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER DE CANTEIRO GRAMADO.

	Árvores superiores				Árvores Inferiores			
	Notas							
	0	1	2	3	0	1	2	3
Epífitas	81,0	16,0	3,0	-	69,0	6,0	13,0	12,0
Pragas	100	-	-	-	81,0	13,0	6,0	-
Frutos	58,0	-	10,0	32,0	38,0	6,0	-	56,0
Copa	-	-	42,0	58,0	-	50,0	44,0	6,0
Tronco	74,0	13,0	-	-	69,0	6,0	6,0	19,0
Doenças	87,0	13,0	-	-	6,0	19,0	6,0	69,0
G.Secos	87,0	13,0	-	-	63,0	19,0	6,0	12,0

As notas 0, 1, 2 e 3 referem-se a intensidade de ocorrência do referido parâmetro na árvore (ver item 3.4.4).

Embora sutis, as árvores superiores de canteiro gramado (Tabela 2) apresentaram melhores resultados nos parâmetros de vigor. Pode-se observar que as árvores inferiores, embora tenha valores bem maiores em alguns parâmetros indicando a predominância, a percentagem menor é pulverizada nas outras modalidades destes parâmetros. Nesta categoria de árvores, os parâmetros que mais refletem a sua classificação de inferior são: a densidade da copa, que 50 % apresentaram do tipo rala, aspecto não comum às características da espécie.

Comparando as árvores superiores de área pavimentada com as de canteiro gramado (Tabelas 1 e 2), pode-se observar que as primeiras obtiveram maiores percentuais na ausência de frutos, copa do tipo densa e a tonalidade de verde das folhas típica da espécie, enquanto as árvores de canteiro gramado obtiveram percentuais menores ou iguais em ausência de epífitas, pragas, danos ao tronco, doenças e galhos secos. Apesar da pouca diferença, as árvores superiores de canteiro gramado apresentaram melhor desempenho. No entanto, na comparação das árvores inferiores de área pavimentada com as de canteiro gramado, foi mais fácil de se

perceber a diferença. Observa-se que as árvores inferiores de área pavimentada apresentaram maiores percentuais de ausência de epífitas, pragas e frutos, bem como apresentaram um percentual maior em densidade de copa tipo média e um percentual menor na incidência de doença. Porém, a maior ocorrência de galhos secos e danos no tronco foi observada nas árvores inferiores de área pavimentada do que as de canteiro gramado.

A tabela 3 apresenta os valores percentuais das notas correspondentes as tonalidades de verde mais parecida com a coloração da folhagem das árvores de acer.

TABELA 3 - VALORES PERCENTUAIS DAS NOTAS RELATIVAS A COLORAÇÃO DA FOLHAGEM DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.

	Árvores Superiores					Árvores Inferiores					
	Notas										
	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7	8
Pav.	10,0	-	87,0	-	3,0	35,0	-	59,0	-	6,0	-
C.G.	-	10,0	81,0	3,0	6,0	6,0	50,0	19,0	-	13,0	12,0

As tonalidades de verde vão clareando na ordem crescente das notas (ver item 3.4.4).

Conforme a Tabela 3, a tonalidade de verde predominante das árvores superiores e inferiores de acer de área pavimentada foi aquela característica da espécie (nota 5). Enquanto nas árvores de canteiro gramado, 9 % das árvores superiores e 25 % das árvores inferiores apresentaram tonalidade mais clara de verde, indicando provavelmente clorose nas folhas.

Para dar consistência aos parâmetros qualitativos, foi feita a correlação de Spearman, que apresentou os seguintes resultados: nas árvores superiores de área pavimentada e canteiro gramado e nas inferiores de área pavimentada, o parâmetro praga obteve uma correlação máxima direta com a coloração da folhas, epífitas, galhos secos, densidade de copa, quantidade de frutos e danos ao tronco. Isto significa que, quanto maior é a quantidade de pragas, mais clara é a tonalidade das folhas, mais epífitas nas árvores, mais galhos secos na copa, mais rala é

a densidade da copa, menos frutos na árvore e há uma maior ocorrência de danos ao tronco. Para as árvores inferiores de canteiro gramado não houve nenhuma correlação, devido a grande distribuição de valores nas diversas modalidades. O uso dos parâmetros de vigor qualitativos para analisar visualmente as árvores de acer, não serviu para mostrar grandes diferenças entre as categorias de árvores.

4.1.1.2 Ipê

Os valores percentuais dos parâmetros de vigor qualitativos das árvores superiores e inferiores de ipê de área pavimentada de local poluído são apresentados na Tabela 4 e os valores percentuais das árvores de área pavimentada e canteiro gramado de local residencial são apresentados na Tabela 5.

TABELA 4 - VALORES PERCENTUAIS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUALITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.

	Árvores superiores				Árvores Inferiores			
	Notas							
	0	1	2	3	0	1	2	3
Epífitas	100	-	-	-	100	-	-	-
Pragas	-	100	-	-	-	100	-	-
Frutos	100	-	-	-	100	-	-	-
Copa	-	3,0	97,0	-	-	53,0	47,0	-
Tronco	100	-	-	-	100	-	-	-
Doenças	100	-	-	-	100	-	-	-
G.Secos	63,0	33,0	3,0	-	73,0	20,0	7,0	-

As notas 0, 1, 2 e 3 referem-se a intensidade de ocorrência do referido parâmetro na árvore (ver item 3.4.4).

O que aconteceu com as árvores de ipê foi o mesmo que ocorreu com as árvores de acer. As árvores consideradas de padrão superior não têm em sua análise todos os requisitos com valores ótimos, mas, no conjunto, têm um padrão compatível com o meio em que vivem. Os parâmetros pragas e densidade de copa são os que se destacam (Tabela 4). Quanto a ocorrência de pragas, foi encontrado apenas a ocorrência de psilídeo. Esta praga é um homóptero que com sua saliva fitotóxica forma pequenos pontos cloróticos na folha e uma microscópica necrose no centro deste ponto. Estes detalhes só são observados numa análise muito cuidadosa, portanto no momento da análise, não foi visto nada que afetasse a estética da árvore. E, além disso, a espécie é caducifólia, logo suas folhas são renovadas, evitando o efeito acumulativo. Quanto a densidade de copa, os resultados indicam que os tipos médio e rala são os mais típicos da espécie. Este aspecto favorece para uma ausência total de epífitas e uma pequena percentagem de galhos secos, por ser uma copa arejada e ensolarada.

TABELA 5 - VALORES PERCENTUAIS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUALITATIVOS DAS ÁRVORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL.

	Área Pavimentada				Canteiro Gramado			
	Notas							
	0	1	2	3	0	1	2	3
Epífitas	100	-	-	-	100	-	-	-
Pragas	36,0	58,0	6,0	-	72,0	17,0	11,0	-
Frutos	100	-	-	-	100	-	-	-
Copa	-	23,0	74,0	3,0	-	17,0	78,0	6,0
Tronco	100	-	-	-	94,0	3,0	3,0	-
Doenças	74,0	26,0	-	-	94,0	6,0	-	-
G.Secos	26,0	32,0	32,0	10,0	28,0	50,0	22,0	-

As notas 0, 1, 2 e 3 referem-se a intensidade de ocorrência do referido parâmetro na árvore (ver item 3.4.4).

Observa-se na Tabela 5 que as árvores de canteiro gramado obtiveram maior percentagem de árvores sem pragas do que as árvores de área pavimentada. Foram encontradas cochonilhas, além de psilídios. A densidade de copa predominante nas duas condições de plantio foi do tipo média. Quanto aos danos no tronco, 6 % das árvores de canteiro gramado apresentaram danos. Os danos ao tronco nas árvores de locais residenciais (apesar de baixa percentagem) pode ser devido ao uso de equipamentos utilizados na manutenção do gramado em volta da árvore e/ou o fluxo de pessoas que é bem maior nestes locais. Com relação as doenças, a maior percentagem (94 %) com ausência de doenças foi encontrada nas árvores de canteiro gramado. As percentagens de presença de galhos secos nas duas condições de plantio foram praticamente iguais (mais de 70 %).

Os valores percentuais das notas correspondentes a tonalidade verde mais parecida com a coloração da folhagem das árvores de ipê em diferentes formas de plantio são apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 - VALORES PERCENTUAIS DAS NOTAS RELATIVAS A COLORAÇÃO DA FOLHAGEM DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE IPÊ DE LOCAL POLUÍDO E RESIDENCIAL.

Local	Notas			
	1	5	1	5
	Árvores Superiores		Árvores Inferiores	
Poluído	77,0	23,0	87,0	13,0
	Árvores de Área Pavimentada		Árvores de Canteiro Gramado	
Residencial	36,0	64,0	19,0	81,0

As tonalidades de verde vão clareando na ordem crescente das notas (ver item 3.4.4).

Nas árvores de área pavimentada em local poluído (Tabela 6), a tonalidade verde mais escura das folhas (nota 1) foi predominante. Observa-se ainda que os valores dos parâmetros das árvores superiores e inferiores de área pavimentada em local poluído não diferem muito.

Pode ser influência muito forte do meio que impede o destaque de algum parâmetro de vigor das árvores. Quanto às árvores de local residencial, a tonalidade de verde mais clara foi predominante (nota 5). Estas predominâncias de tonalidades de verde conforme as áreas onde estão plantadas as árvores, podem estar indicando a diferença de local poluído e menos poluído. Em local poluído a tonalidade do verde é mais escura, que pode ser uma defesa da árvore aos poluentes do ambiente ou acúmulos de partículas sólidas nas folhas.

Com a correlação de Spearman, as árvores superiores e inferiores de locais poluídos mostraram uma relação máxima direta do parâmetro praga com a quantidade de galhos secos e doenças. Isto pode indicar que a praga é uma causa e a quantidade de galhos e doenças é um efeito. As árvores inferiores apresentaram também uma correlação máxima direta da quantidade de galhos secos e densidade da copa da árvore. Já as árvores superiores apresentaram esta mesma correlação com acréscimo do parâmetro cor das folhas da copa. A presença de galhos secos na copa, além de indicar o vigor da árvore, também é conhecida na fisiologia como desrama natural da árvore. Segundo KRAMER & KOZLOWSKI (1960), a desrama natural é desencadeada por ação das baixas intensidades da fotossíntese das folhas dos ramos laterais fortemente sombreados. Desta forma, quanto mais densa a copa, maior é a quantidade de galhos secos devido principalmente ao sombreamento.

As árvores de canteiro gramado de local residencial apresentaram uma correlação máxima direta entre os parâmetros pragas e doenças. Podendo, portanto, qualquer destes parâmetros ser causa ou efeito do outro (WILSON & ELLETT, 1980; WARGO, 1981).

A análise visual dos parâmetros de vigor qualitativos das árvores de acer e ipê não estabeleceu uma nítida separação entre as árvores superiores e inferiores.

Pelos dados coletados, todas as árvores analisadas parecem pertencer a um grupo mais ou menos homogêneo, onde não existe uma árvore 100 % ótima ou outra 100 % ruim. Então, na ausência destes dois contrastes, pode ser que árvores boas estejam enquadradas no padrão das inferiores e vice-versa. Há também a possibilidade de que os responsáveis pela avaliação das árvores, tenham estabelecido o padrão ótimo de árvore, bem acima da realidade, tornando-

se rigorosos na obtenção das informações sobre as mesmas ou complacentes na avaliação das árvores inferiores.

4.1 2 Parâmetros de vigor quantitativos

4.1.2.1 Acer

As médias dos parâmetros de vigor quantitativos das árvores superiores e inferiores de acer, frutificadas e não frutificadas, de área pavimentada e canteiro gramado são apresentadas na Tabela 7.

TABELA 7 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUANTITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER, FRUTIFICADAS E NÃO FRUTIFICADAS, DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.

Parâmetros de Vigor Quantitativos						
	DCo(m)	PAP (cm)	PCF (g)	ER (cm)	PR (g)	AF (cm²)
Superior	8,17 a	81,21 a	85,99 a	17,34 a	3,74 a	136,30 a
Inferior	7,24 b	68,50 b	76,58 a	15,13 a	3,44 a	125,61 a
Frut.	7,59 a	76,86 a	72,13 b	14,93 a	3,67 a	117,51 b
N.Frut.	8,02 a	76,67 a	90,18 a	17,71 a	3,61 a	143,21 a
Pav.	8,32 a	76,68 a	86,19 a	16,50 a	3,75 a	135,40 a
C.G.	7,37 b	74,82 a	79,19 a	16,62 a	3,53 a	129,69 a

Pares de valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Na Tabela 7, os parâmetros de vigor quantitativos DCo (diâmetro de copa) e PAP (perímetro a altura do peito) foram os que diferenciaram as árvores superiores e inferiores. Do ponto de vista prático, o DCo e o PAP são os parâmetros mais acessíveis e de rápida obtenção para indicar o vigor das árvores urbanas.

Observa-se na Tabela 7 que os parâmetros de vigor quantitativos PCF (peso de cem folhas) e AF (área foliar) diferenciaram as árvores frutificadas das não frutificadas. A frutificação das árvores diminuiu apenas os valores de PCF e AF. Com relação a AF, McCLUNG & LOTT³ citado por SMITH (1962), estudando o pessegueiro, constataram que o tamanho da folha era muito maior em árvores não frutificadas. Os resultados indicam que o estágio fenológico da árvore (frutificação) altera a avaliação dos parâmetros de vigor. Portanto, quando uma árvore está induzida a frutificar por longos períodos, provavelmente o vigor desta árvore irá ser comprometido. Geralmente as condições do ambiente urbano favorecem na alteração da frequência e quantidade de frutos na árvore. A iluminação, por exemplo, é um dos fatores que mais influencia a floração das árvores. KRUG (1953) apontou, como causador do florescimento contínuo, a iluminação dirigida às árvores urbanas. THOMAS *et al* (1973) afirmaram que o crescimento dos órgãos de reprodução das plantas é estimulado a iniciar ou a inibir quando o fotoperíodismo é estendido por meio da luz elétrica, mesmo numa baixa intensidade.

Ainda na Tabela 7 observa-se que o DCo foi o único parâmetro de vigor que apresentou diferença significativa entre as árvores de área pavimentada e canteiro gramado. É curioso que as árvores numa condição mais hostil apresentem maior tamanho de copa. Não se pode pensar que é casual, pois embora não significativo, todos os demais parâmetros apresentam maior média para as árvores de área pavimentada, com exceção do ER (alongação dos ramos). Sabe-se que as duas condições de plantio têm seu meio alterado pela incorporação de materiais antrópicos e provavelmente as árvores devem viver em condições restritas de espaço, umidade e aeração. Os resultados obtidos na Tabela 7 indicam que os tipos de

³Mc CLUNG, A. C. & LOTT, W. L. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* Kent, n. 67, p. 113-120, 1956.

coberturas da superfície do solo (pavimentada e canteiro gramado) implicam em diferenças nos parâmetros de vigor da árvore. Portanto, pelos resultados, o uso de gramíneas na superfície do solo podem ser mais prejudicial às árvores do que a pavimentação da área em volta das mesmas. WAGAR (1982), estudando o comportamento de 2 espécies em combinação de calçada, solo corrigido e tratamento da muda no controle de raízes, constatou que, dependendo da espécie, a pavimentação pode ter uma menor influência negativa no crescimento da árvore quando comparada as condições do solo e da muda.

O ambiente das árvores de canteiro gramado sofre constantes modificações, com incorporação de adubos orgânicos ou inorgânicos, revolvimento do solo, danos ao tronco com máquina de cortar grama, competição em umidade e nutrientes. MESSENGER (1976) constatou que o efeito de competição entre plantas é mais evidente quando as mesmas estão em condições sub-ótimas de umidade, nutrientes, luz, calor, dióxido de carbono, oxigênio e espaço. HOUSTON (1985) e HUNT *et al* (1991) observaram que as espécies de ervas que crescem ao redor das árvores urbanas competem vigorosamente em água, nutrientes e oxigênio. Principalmente quando os suprimentos de água e nutrientes são em pequenas quantidades, o crescimento das ervas pode afetar significativamente o crescimento da árvore. HELLIWELL (1983) constatou que na maioria das situações, as raízes das árvores estão, de fato, totalmente dependente da umidade estocada no volume de solo em que as raízes residem, enquanto que a umidade em maiores profundidades do solo não proporciona grandes benefícios à árvore. DAVIES⁴ citado por HUNT *et al* (1991) comprovou que a permanência de ervas, incluindo gramíneas sob as árvores, tem demonstrado ser extremamente prejudicial ao crescimento da árvore. Complementa dizendo que a adição de nutrientes em tal situação pode aumentar o vigor das ervas e causar maiores danos à árvore. GILBERTSON *et al* (1985) comprovaram este fato com os resultados de sua pesquisa, mostrando que o crescimento da raiz e do ramo obteve um efeito negativo quando a árvore era fertilizada na presença de ervas e grama. Ainda, mostrou que, através da análise de componentes principais,

⁴DAVIES, R. J. Trees and weeds. In: **Forestry Commission Handbook 2**. London: HMSO, 1987. (Bulletin Forestry Commission, n. 2)

o crescimento de ervas sob as árvores foi a variável simples mais importante quando analisada junto às variáveis relativas as propriedades físicas e químicas do solo. HELLIWELL (1986) constatou que a presença de outro tipo de vegetação junto a árvore é um dos fatores que afeta o volume de enraizamento da árvore. O efeito desta competição não é só evidenciada em ambientes com limitações como o urbano, mas também em ambientes florestais. NAMBIAR & SANDS (1993) constataram que dependendo da espécie arbórea, idade e condições do solo, é providencial um tratamento silvicultural para eliminar a competição por ervas. Verificaram que as respostas das plantas a esta competição são similares àquelas de deficiência de água e nutrientes.

Quando a área não pavimentada não é coberta com vegetação, existe o efeito da compactação provocado principalmente pelo pisoteio dos pedestres. CRAUL (1985) concluiu que o solo urbano descoberto exibe uma pronunciada tendência para formar um encrostamento sobre a superfície ou sob uma profundidade de alguns centímetros do solo. A natureza hidro-repelente de muitos solos urbanos é um fator que contribui para isto. Embora se tente justificar os resultados obtidos, as condições das áreas pavimentadas conflitam com a maioria das recomendações indicadas pelos tradicionais manuais de arborização e autores deste ramo como CESP, GREY & DENEKE (1978) e WYMAN (1972). Estes, porém não apresentam junto às recomendações, dados de mensurações dos impactos e efeitos da referida condição de plantio com as árvores urbanas.

Para fins de comparação, foram analisadas árvores em ambientes e condições diferentes de plantio. As médias dos parâmetros de vigor quantitativos das árvores de acer de parque, área pavimentada e canteiro gramado são apresentadas na Tabela 8. Para esta análise, foram escolhidos somente os parâmetros de vigor que menos sofrem influência da idade da árvore, já que não foi possível precisar a idade das árvores de acer de parque.

TABELA 8 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUANTITATIVOS DAS ÁRVORES DE ACER DE PARQUE COM ÁRVORES DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.

Parâmetros de Vigor Quantitativos				
	PCF (g)	ER (cm)	PR (g)	AF (cm²)
Parque.	133,10 a	15,64 a	2,93 b	300,55 a
Pav.	92,55 b	17,81 a	3,85 a	144,57 b
Parque	133,10 a	15,64 a	2,93 a	300,55 a
C. G.	79,57 b	16,87 a	3,64 b	122,56 b

Pares de valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste T ao nível de 5%.

Os parâmetros que significativamente evidenciaram a diferença de local foram PCF, PR e AF (Tabela 8). As árvores de parque apresentaram maior média para os parâmetros PCF e AF, indicando que este ambiente favorece uma melhor formação de biomassa. Além disso, a própria condição de plantio das árvores de parque, sem obstáculos físicos, favorece a um maior desenvolvimento das raízes, que implica num melhor suprimento de nutrientes e conseqüentemente maior AF (CLARKSON, 1985).

Com relação aos parâmetros PR (peso dos ramos) existe o fator luz que pode influenciar grandemente no peso dos ramos. Comparando os dois locais, as árvores do ambiente urbano passam por um período maior de exposição a luz do que as árvores de parque. No ambiente urbano, há a substituição da luz solar pela luz artificial das ruas, isto provavelmente altera a intensidade e qualidade da luz para as árvores. KOZLOWSKI (1971) afirmou que o crescimento dos ramos das árvores é afetado pela intensidade, duração e exposição de luz ou fotoperiodismo e ainda pela qualidade ou comprimento de onda. Sob um ambiente natural, o crescimento do ramo é muito mais influenciado pela intensidade e o fotoperiodismo do que pela qualidade de luz.

4.1.2.2 Ipê

As médias dos parâmetros de vigor quantitativos das diferentes categorias de árvores e condições de plantio de ipê são apresentadas nas Tabelas 9 e 10.

TABELA 9 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUANTITATIVOS DAS ÁRVORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL E DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.

	Parâmetros de Vigor Quantitativos					
	DCo(m)	PAP (cm)	PCF (g)	ER (cm)	PR (g)	AF (cm²)
P. Res.	3,94 a	34,98 a	48,31 a	15,89 a	2,83 a	58,87 a
C. G. R.	3,76 a	31,97 b	47,06 a	19,10 a	2,60 b	56,33 a
S.P.Pol.	3,88 a	27,85 c	46,64 a	17,03 a	2,60 b	60,32 a

Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Observa-se na Tabela 9 que, apenas o PAP e o PR foram significativamente diferentes entre as 3 categorias de árvores. O PAP foi distinto em cada categoria com maior média para as árvores de área pavimentada em local residencial, e a menor média foi para as árvores superiores de área pavimentada em local poluído. O valor médio de PR das árvores de canteiro gramado em local residencial foi semelhante ao das árvores superiores de área pavimentada em local poluído, sendo que estas categorias de árvores apresentaram menor PR do que as de local residencial.

Estes resultados indicam que a área pavimentada em locais residenciais proporciona melhores condições para o desenvolvimento das árvores em perímetro a altura do peito (PAP) e para o peso dos ramos (PR).

TABELA 10 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUANTITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.

	Parâmetros de Vigor Quantitativos					
	DCo(m)	PAP (cm)	PCF (g)	ER (cm)	PR (g)	AF (cm ²)
Superior	3,88 a	27,85 a	46,64 a	17,03 b	2,60 a	60,32 a
Inferior	3,07 b	22,80 b	49,33 a	22,13 a	2,50 a	55,29 a

Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Observa-se na Tabela 10 que houve diferenças entre as árvores superiores e inferiores com relação aos parâmetros DCo e PAP. Do ponto de vista prático, estes parâmetros parecem ser bons e acessíveis parâmetros de vigor.

O ER das árvores inferiores foi maior do que o das árvores superiores, podendo ser uma consequência de poda ou estar associado a densidade da copa, já que mais de 50% destas árvores inferiores apresentaram copa mais rala, o que favorece uma maior exposição a luz.

A comparação de médias dos parâmetros de vigor quantitativos das árvores de ipê de parque com as de área pavimentada e canteiro gramado em local residencial e árvores superiores de área pavimentada poluída são apresentadas na Tabela 11.

Os resultados da Tabela 11 mostram que os parâmetros PCF e AF foram os indicadores da diferença de um ambiente alterado com outro menos alterado pela urbanização. Como todos os parâmetros indicam o vigor das árvores, não se pode afirmar que o melhor ambiente para maior desempenho das árvores de ipê é o do parque, baseado apenas no PCF e a AF. Com base neste fato pode-se dizer que as árvores de parque, por apresentarem maior PCF e AF, provavelmente, produzem mais sombra do que as árvores urbanas, devido ao maior desenvolvimento do sistema radicial. A redução do parâmetro AF das árvores urbanas tanto de acer como de ipê, pode estar relacionada com o possível estresse hídrico, pois KRAMER (1962) constatou que geralmente as árvores sujeitas a severos déficits de água, têm sua área foliar reduzida. Associando o estresse hídrico com o desenvolvimento radicial, KRIZEK &

DUBIK (1987) concluíram que estes são os problemas mais sérios para o desenvolvimento das árvores urbanas.

TABELA 11 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUANTITATIVOS DAS ÁRVORES DE IPÊ DE PARQUE COM ÁRVORES DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL E DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.

Parâmetros de Vigor Quantitativos				
	PCF (g)	ER (cm)	PR (g)	AF (cm²)
Parque	79,92 a	18,07 a	2,61 a	129,93 a
P. Res.	48,31 b	15,89 a	2,83 a	58,87 b
Parque	79,92 a	18,07 a	2,61 a	129,93 a
C. G. R.	47,06 b	19,10 a	2,60 a	56,33 b
Parque	79,92 a	18,07 a	2,61 a	129,93 a
S.P.Pol.	46,64 b	17,03 a	2,60 a	60,32 b

Pares de valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste T ao nível de 5%.

A análise visual dos parâmetros de vigor quantitativos mostrou melhores resultados para diferenciar as categorias de árvores urbanas do que a análise visual dos parâmetros de vigor qualitativos.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO UTILIZADO PELAS ÁRVORES URBANAS.

Visualmente, as observações feitas sobre o solo em volta das árvores nas calçadas corresponderam sempre com as informações bibliográficas. Num mesmo trecho de rua foram vistos solos com as seguintes características:

a) com texturas diferentes - arenosa, argilosa e diferentes graus de pedregosidade;

- b) com variação nos níveis dos horizontes ou camadas, isto quando se podia distinguir as camadas, o que raramente era possível; outras vezes sentia-se resistência no trado de coleta logo no início, estando o solo sem o horizonte A, iniciando no B ou C. STEPHEN & DONALD (1982) obtiveram resultados parecidos e caracterizaram o solo urbano como sendo: pouco estruturado, sem horizonte A bem definido e sem a camada orgânica em decomposição;
- c) com uma diversidade de coloração, como: vermelho, preto, cinza e o esbranquiçado (repleto de calíça);
- d) com presença de materiais antrópicos como vidro, plástico, borracha, ferro, papel, tecido e madeira.

4.2.1 Acer

A heterogeneidade do solo urbano utilizado pelas árvores de acer pode ser vista através da comparação de médias das características químicas e físicas do solo urbano 1 (solo utilizado pelas árvores superiores) e solo urbano 2 (solo utilizado pelas árvores inferiores), que são apresentadas nas Tabelas 12 e 13.

TABELA 12 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SOLOS URBANOS UTILIZADOS PELAS ÁRVORES SUPERIORES (URB 1) E INFERIORES (URB 2) DE ACER, A 0-30 CM DE PROFUNDIDADE.

Características Químicas do Solo											
pH	Al ³⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	T	P	M.O.	m	V	
CaCl ₂	meq/100cm ³					μg/g	%				
Urb 1	6,0a	0a	3,9a	10,6a	4,2a	0,53a	19,2a	25,1a	6,0a	0a	79,3a
Urb 2	5,6b	0a	4,6b	8,8b	3,1b	0,42a	16,9b	22,9a	5,1b	0a	71,5b

Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os resultados da Tabela 12 mostram que a maioria dos caracteres químicos (com exceção do K^+ e P) do solo urbano 1 são significativamente diferentes do solo urbano 2. O solo urbano 1 das árvores superiores apresentou maior média no pH, Ca^{+2} , Mg^{+2} , T, M.O. e V. Enquanto o solo urbano 2 das árvores inferiores apresentou apenas maior média de H+Al, indicando uma maior acidez potencial.

No Anexo 1 pode-se observar o grau de variabilidade nos teores dos caracteres químicos do solo, principalmente do Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ e P. Os altos valores destes elementos podem ser do efeito dos materiais antrópicos incorporados na fase de construção de ruas e casas, da manutenção do gramado em volta das árvores pelos proprietários de suas casas e do torrão de terra melhorada que vem junto com a grama. Com estes resultados, pode-se constatar que as características químicas do solo de um mesmo trecho de rua são quimicamente variáveis.

TABELA 13 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SOLOS URBANOS UTILIZADOS PELAS ÁRVORES SUPERIORES (URBANO 1) E INFERIORES (URBANO 2) DE ACER, A 0-30 CM DE PROFUNDIDADE.

Características Físicas do Solo			
	Areia	Silte	Argila
	←———— % —————→		
Urbano 1	39 a	28 a	33 b
Urbano 2	37 a	26 a	36 a

Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Quanto aos resultados da granulometria do solo (Tabela 13), só a argila foi o caractere diferenciador entre os solos urbanos. Observa-se que as diferenças são muito pequenas para indicar que os solos são granulometricamente diferentes, mas pode ser que em condições de extrema restrição de espaço, estas diferenças possam apresentar algum efeito. A relação que se

pode fazer da percentagem de argila do solo urbano 2 com suas respectivas árvores (de categoria inferior) é a possibilidade deste solo ser mais compactado e as árvores terem conseqüentemente maior dificuldade de expandir suas raízes. PRICHETT (1979) e CRAUL (1994b) afirmaram que a textura do solo, compactação, disponibilidade de umidade, camadas de impedimento e nutrição são fatores que podem influenciar o padrão, profundidade e extensão do desenvolvimento das raízes.

Para visualizar a alteração do solo pela urbanização, o solo urbano (média do solo urbano 1 e 2) foi comparado com o solo de parque (supostamente considerado pouco alterado pela urbanização). As médias das características químicas e físicas dos solos citados acima, são apresentadas nas Tabelas 14 e 15.

TABELA 14 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SOLOS URBANO E DE PARQUE UTILIZADOS PELAS ÁRVORES DE ACER, A 0-30 CM DE PROFUNDIDADE.

Características Químicas do Solo											
	pH	Al ⁺³	H+Al	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	T	P	M.O.	m	V
	CaCl ₂	← meq/100cm ³ →					μg/cm ³	← % →			
Parq.	5.1b	0,8a	8.0a	4.1b	2.5b	0,28b	14.9b	3,6b	5.3b	11,8a	45,4b
Urb.	5.8a	0.0b	4.2b	9.7a	3.6a	0,47a	18.0a	24,4a	5.5a	0.0b	75.4a

Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os resultados da Tabela 14 mostram que, quimicamente, o solo urbano é distinto do solo de parque. Apesar da pequena diferença, a percentagem de M.O do solo urbano foi maior do que a do solo de parque. Estes resultados mostram que o solo de parque se parecem mais com aqueles encontrados em condições naturais de campo, sem sofrer grandes alterações com relação as suas características químicas. Entretanto, não podem ser considerados como solos sem influência do processo de urbanização. Porém, tudo indica que os solos urbanos tenham

sofrido grandes alterações químicas, com o processo de urbanização e atualmente apresentam uma melhor qualidade, em termos de fertilidade, do que os solos de parque.

TABELA 15 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SOLOS URBANO E DE PARQUE UTILIZADOS PELAS ÁRVORES DE ACER, A 0-30 CM DE PROFUNDIDADE.

Características Físicas do Solo			
	Areia	Silte	Argila
	← % →		
Parque	36 a	26 a	38 a
Urbano	38 a	28 a	34 b

Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste T ao nível de 5%.

Quanto as características físicas, apenas o teor de argila do solo de parque foi maior do que o do solo urbano (Tabela 15). Entretanto, esta diferença não é muito expressiva, uma vez que os dois solos fazem parte da mesma classe textural, do tipo franco-argiloso (OLEYNIK *et al*, 1989). HARRIS (1992), considera esta textura de solo ideal para o crescimento de uma grande variedade de plantas, porque possui uma combinação das qualidades desejáveis de cada tamanho de partículas, desde que arrançadas adequadamente.

4.2.2 Ipê

Com relação a caracterização dos solos utilizados pelas árvores de Ipê, comparou-se o solo urbano com o de parque cujas médias das características químicas e físicas são apresentadas nas Tabelas 16 e 17.

TABELA 16 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SOLOS URBANO E DE PARQUE UTILIZADOS PELAS ÁRVORES DE IPÊ, A 0-30 CM DE PROFUNDIDADE.

Características Químicas do Solo											
	pH	Al ⁺³	H+Al	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	T	P	M.O.	m	V
	CaCl ₂	←————— meg/100cm ³ —————→						μg/cm ³	←————— % —————→		
Parq.	4.5b	1.4a	9.3a	2.9b	2.2b	0.2b	14.6b	1.7b	5.0a	22.0a	35.6b
Urb.	6.1a	0.0b	3.6b	10.0a	3.5a	0.5a	17.5a	10.2a	4.6a	0.0b	79.6a

Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste T ao nível de 5%.

Assim, como no caso do acer, as características do solo urbano utilizado pelas árvores de ipê tem uma forte influência dos resíduos de construções das ruas e a possível adubação feita pelos proprietários (ver a média e os coeficientes de variação dos elementos no Anexo 1C).

Observa-se que os resultados da Tabela 16 são semelhantes aos apresentados na Tabela 13, onde se visualiza nitidamente as diferenças de um solo alterado pela urbanização. Nota-se que o valor de pH do solo de parque utilizado pelo ipê é bem mais baixo, acompanhado de menores valores de P e K, indicando assim a sua similaridade com o solo primitivo de Curitiba, segundo LEVANTAMENTO...(1974) e LIMA (1974).

Apesar de não haver diferença significativa, a M.O. (matéria orgânica) do solo de parque apresentou maior valor, resultado inverso ao do encontrado no solo utilizado pelo acer. De acordo com as observações feitas em campo, o ipê localizava-se em ambiente com gramado mais intenso e vegetação de vários portes em sua volta, que deve ter favorecido para o acúmulo de matéria orgânica.

Os valores altos e discrepantes da maioria dos caracteres químicos dos solos utilizados pelas árvores de acer e ipê, em favor do solo urbano, podem gerar uma grande polêmica entre autores que vêem o solo urbano como um substrato pobre. Pode ser que a alteração do solo provocada pela urbanização em Curitiba seja benéfica em relação às características originais do

solo, conhecido como um solo de baixa fertilidade e pH muito ácido. Sendo assim, os efeitos benéficos ou prejudiciais da urbanização irão depender das condições primitivas do solo.

Com esta análise, observou-se nitidamente a heterogeneidade das características químicas do solo urbano. Nesta situação, pode ser que, num trecho de rua, cada árvore de mesma espécie tenha que utilizar diferentes mecanismos para absorver os nutrientes do solo ou, segundo JIM (1990), as árvores urbanas precisam superar diversas variações em termos de estresse edáfico e atmosférico. Isto pronuncia muito o potencial genético de cada árvore e conseqüentemente favorece uma variabilidade no padrão de árvores urbanas.

TABELA 17 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS SOLOS URBANO E DE PARQUE UTILIZADOS PELAS ÁRVORES DE IPÊ, A 0-30 CM DE PROFUNDIDADE.

	Características Físicas do Solo		
	Areia	Silte	Argila
	← % →		
Parque	38 a	28 a	34 a
Urbano	35 a	28 a	37 a

Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste T ao nível de 5%.

Os resultados da Tabela 17 mostram que as características físicas do solo não indicaram diferenças significativas entre o solo urbano e de parque. A classe textural do solo foi do tipo franco-argiloso (OLEYNIK *et al*, 1989).

No geral, com base nos resultados obtidos, o solo urbano utilizado tanto pelas árvores de acer como de ipê, apresentou valores altos de pH, Ca^{+2} , Mg^{+2} , V, P, K^{+} e ausência de Al^{+3} . Isto indica que o solo foi corrigido e adubado intensivamente, visto que, o solo natural da região de Curitiba, segundo LIMA (1974), possuem as seguintes características, na camada de 0-30 cm: pH = 4,0; Ca^{+2} = 0,3; Mg^{+2} = 0,2; K^{+} = 0,18; Al^{+3} = 7,0 e P = 1,0.

É possível que o solo melhorado na área de parque tenha sido colocado na época do plantio das árvores e na área urbana seja proveniente da terra fértil que vem junto as mudas do gramado, ou ainda pela adubação feita pelos proprietários das casas em frente das árvores.

Contudo, o solo urbano pode ser considerado rico mas, a sua fertilidade irá depender de outros fatores do solo não analisados nesta pesquisa como: umidade, mobilidade gasosa, temperatura, estrutura e outros que interferem na oferta e absorção de nutrientes pelas plantas. Segundo WALLACE (1961), é importante conhecer, além das quantidades de nutrientes no solo, os fatores ambientais, pois mesmo que o solo tenha quantidades adequadas, isto não garante que possam ser absorvidos pelas raízes da planta.

4.2.3 Análise de pH dos solos utilizados pelo acer e ipê em diferentes condições de plantio.

Na Tabela 18 são apresentados os valores médios de pH dos solos utilizados pelas árvores de acer e ipê, em diferentes condições de plantio.

TABELA 18 - VALORES MÉDIOS E COEFICIENTES DE VARIAÇÃO DE pH DOS SOLOS UTILIZADOS PELAS ÁRVORES DE ACER E IPÊ EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE PLANTIO.

	VALORES DE pH DO SOLO (CaCl ₂)						
	Acer			Ipê			
	Pav.	C. G.	Parque	P.Pol.	P. Res.	C.G.R.	Parque
Média	6,2	5,8	5,0	7,1	6,8	6,1	4,5
C.V.(%)	16,7	7,9	16,1	2,5	6,7	7,5	4,9

Pelos resultados obtidos (Tabela 18), observa-se que o pH do solo utilizado pelas duas espécies sofreu forte influência da pavimentação, provavelmente devido a redução de oxigênio e segundo BOXMAN (1972), o conseqüente aumento da pressão parcial do CO₂, juntamente

com os efeitos dos resíduos de construções incorporados no solo, ricos em cálcio e magnésio, são fatores que elevam o valor de pH do solo.

4.3 COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR

4.3.1 Acer

Nas Tabelas 19 e 20 são apresentadas as médias, variações e coeficientes de variação da composição química foliar das árvores superiores e inferiores de acer de área pavimentada e canteiro gramado, respectivamente.

Observa-se na Tabela 19 que os valores médios de muitos elementos como N, P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Al das árvores inferiores foram maiores do que as árvores superiores. Já os valores dos coeficientes de variação foram semelhantes com exceção do Zn, que foi maior nas árvores superiores.

TABELA 19 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER DE ÁREA PAVIMENTADA.

	Árvores Superiores			Área Inferiores		
	Média	Variação	C.V. (%)	Média	Variação	C.V. (%)
	← % →					
Nitrogênio (N)	1,59	1,21-2,26	15,87	1,62	1,25-2,06	16,98
Fósforo (P)	0,13	0,10-0,17	12,95	0,15	0,12-0,18	10,69
Potássio (K)	1,00	0,63-1,46	20,50	0,91	0,46-1,26	20,72
Cálcio (Ca)	1,06	0,64-1,42	22,39	1,22	0,60-1,83	23,13
Magnésio (Mg)	0,20	0,12-0,30	22,24	0,22	0,11-0,34	25,66
	← ppm →					
Ferro (Fe)	83	52-12	25,12	101	77-157	19,54
Manganês (Mn)	32	12-75	50,77	35	12-75	51,75
Cobre (Cu)	4	2-6	23,62	3	2-5	27,22
Zinco (Zn)	17	7-40	35,34	18	12-25	16,08
Alumínio (Al)	81	44-125	26,95	98	62-150	23,97

Na Tabela 20 observa-se que apenas os valores médios dos elementos K e Mn foram maiores nas árvores superiores do que as árvores inferiores, os demais elementos apresentaram-se com valores médios menores ou iguais aos das árvores inferiores. Os valores dos coeficientes de variação dos elementos Ca, Fe e Mn foram maiores nas árvores superiores enquanto o Zn apresentou-se com valor menor nas árvores inferiores.

TABELA 20 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER DE CANTEIRO GRAMADO.

	Árvores Superiores			Árvores Inferiores		
	Média	Variação	C.V. (%)	Média	Variação	C.V. (%)
	← % →					
Nitrogênio (N)	1,64	1,15-2,30	15,97	1,65	1,25-2,10	16,06
Fósforo (P)	0,16	0,12-0,27	15,81	0,16	0,12-0,27	23,01
Potássio (K)	0,99	0,12-1,90	31,07	0,96	0,52-1,41	25,34
Cálcio (Ca)	1,09	0,34-1,96	46,53	1,17	0,71-1,77	26,62
Magnésio (Mg)	0,22	0,12-0,37	30,82	0,22	0,11-0,34	30,05
	← ppm →					
Ferro (Fe)	83	42-155	28,84	85	64-118	19,05
Manganês (Mn)	27	16-102	57,70	26	16-39	26,90
Cobre (Cu)	5	1-7	28,45	5	4-8	28,09
Zinco (Zn)	15	10-25	20,69	17	10-34	42,07
Alumínio (Al)	94	62-212	28,90	96	62-137	26,40

Os teores de nutrientes foliar de acer (*Acer negundo*) plantado em ambiente urbano (Tabelas 19 e 20) foram comparados com os valores médios de nutrientes foliar de *Acer saccharum* e *Acer rubrum* plantados em ruas e parques urbanos, apresentados por KIELBASO & OTTMAN (1976) e SMILEY *et al* (1985). Nesta literatura, a média dos teores de nutrientes não são diferenciados pelas condições de plantio, é um referencial generalizado como urbano. Baseado nestes autores, os teores de N, P, Ca, Mg, e Cu encontrados em *Acer negundo* plantado em Curitiba foram mais baixos do que aqueles encontrados em *Acer saccharum* e *Acer rubrum* plantados nos EUA. O mesmo aconteceu com os teores de K, Fe e Zn encontrados por SMILEY *et al* (1985). Somente o teor de Al foi maior em *Acer negundo*.

Os resultados podem estar refletindo as características locais, mesmo considerando as alterações provenientes da urbanização. Podem também estar mostrando a plasticidade das árvores de acer em locais distintos.

As diferenças de composição química foliar entre as árvores superiores e inferiores, árvores frutificadas e não frutificadas e entre árvores de área pavimentada e canteiro gramado são observadas através das médias apresentadas na Tabela 21.

TABELA 21 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER, FRUTIFICADAS E NÃO FRUTIFICADAS, DE ÁREA PAVIMENTADA E DE CANTEIRO GRAMADO.

	Composição Química Foliar									
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Al
	←		%	→		←		ppm	→	
Sup.	1,61a	0,15a	1,00a	1,07a	0,21a	83b	30a	4a	16a	88a
Inf.	1,63a	0,15a	0,93a	1,20a	0,22a	94a	30a	4a	18a	97a
Frut.	1,66a	0,15a	0,89b	1,25a	0,23a	92a	33a	4b	17a	92a
N.Frut	1,59a	0,15a	1,03a	1,02b	0,22b	83a	28a	5a	16a	90a
Pav.	1,60a	0,14b	0,97a	1,12a	0,21a	90a	33a	4b	17a	87a
C. G.	1,64a	0,16a	0,98a	1,12a	0,22a	84a	27b	5a	16a	95a

Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste T ao nível de 5%.

Apesar da maioria das médias dos componentes químicos das árvores inferiores serem maiores do que as superiores, o teste de médias mostrou que apenas o teor de Fe foi significativamente diferente (Tabela 21). Este comportamento pode estar associado ao efeito de diluição e /ou concocentração. Utilizando o peso de cem folhas foi possível calcular o valor absoluto do ferro para as duas categorias de árvores. Com os valores médios do ferro absoluto (árvores superiores = 6891ppm e árvores inferiores = 6985ppm), a análise de

variância não mostrou significância entre as duas categorias, constatando o efeito de diluição para as árvores superiores e o efeito de concentração para as árvores inferiores. Os resultados obtidos indicaram que não foi possível distinguir as árvores superiores das inferiores.

Com relação as árvores frutificadas e não frutificadas (Tabela 21), os teores de K, Ca, Mg e o Cu diferiram significativamente. De acordo com MOREIRA *et al* (1983), um fruto na adjacência da folha pode afetar o teor da maioria dos nutrientes foliares. Complementando, SMITH (1962) afirmou que a quantidade de frutos pode influenciar a composição foliar. Geralmente há uma proporcionalidade na quantidade de frutos com o aumento dos teores de N, P, Ca e Mg e uma redução na concentração do K foliar. MILLER (1938) constatou que a produção de frutos afeta a quantidade de vários elementos diferentemente. Em árvores, geralmente a produção de frutos reduz o K e o P na madeira, casca e brotos, mas na folha somente a quantidade de K é diminuída. Os resultados mostram esta tendência, maiores médias nos teores de N, Ca e Mg nas árvores frutificadas e menor média nos teores de K foliar. Isto indica que esta espécie transloca o K para os frutos e que o desconhecimento deste fato pode resultar num padrão de K foliar não condizente às condições da árvore.

Na Tabela 21 observa-se ainda que os teores dos nutrientes P, Mn e Cu, diferenciaram significativamente as árvores de área pavimentada das de canteiro gramado. As maiores médias dos teores de P e Cu foliar nas árvores de canteiro gramado pode ser um reflexo das condições do solo. O Cu foliar foi correlacionado positivamente com a percentagem de matéria orgânica no solo (Anexo 2E). Nas áreas com canteiro gramado há com maior frequência a incorporação de matéria orgânica para a manutenção do gramado e a contribuição das raízes do próprio gramado. De acordo com MENGEL & KIRKBY (1987), uma quantidade substancial de P e Cu no solo está associada a matéria orgânica. Complementa ainda, que 98 % do Cu na solução do solo está complexado na matéria orgânica. Além disso, o P também pode estar associado aos fertilizantes que são colocados nas áreas gramadas. Quanto ao Mn, os resultados mostram uma maior média nas árvores de área pavimentada, demonstrando que nesta área há uma maior disponibilidade deste nutriente. Devido a pavimentação das ruas, supõe-se que as árvores

urbanas têm um déficit no suprimento de oxigênio no meio das raízes. Várias espécies têm mostrado que a redução no suprimento de oxigênio nas raízes resulta num decréscimo na atividade respiratória, reduzida absorção de água e uma série de interações como: redução no crescimento em termos de extensão, diâmetro ou diferenciação morfológica das raízes (LEYTON & ROUSSEAU, 1957). Isto não descarta a hipótese que as árvores urbanas são também tolerantes a baixo suprimento de oxigênio no meio das raízes. Segundo MARSCHNER (1986), as várias formas de estresse que a árvore se submete como deficiência de água e nutrientes, anaerobismo ou a impedância mecânica favorecem para um aumento da quantidade de exudado liberado pelas raízes (rizodeposição). De acordo com GODO & REISENAUER (1980), o aumento da solubilização do Mn através do exudado é devido a liberação de íons H^+ e principalmente aos ânions orgânicos. Esta mobilização do Mn não é explicada simplesmente pelo efeito do pH, mas é também pela redução e talvez pela subsequente quelatização do Mn^{+2} . Esta quelatização impede a reoxidação e aumenta a mobilidade do Mn reduzido na rizosfera. Há também a possibilidade dos quelatos de Mn formados do exudado citrato e malato contribuir mais para a disponibilidade do Mn, sendo o malato responsável mais para a redução do Mn^{+4} . Todos estes processos envolvem a participação dos microrganismos que no ambiente pavimentado também devem existir adaptados a pouca oxigenação do meio. Embora não significativo, o mesmo deve acontecer com o Fe. PONNAMPERUMA (1984) constatou que a redução do Fe^{+3} para Fe^{+2} (assimilável) em ambientes semelhantes, é uma consequência do metabolismo anaeróbico e também parece envolver redução química por microrganismos. A rapidez desta redução do Fe irá depender da temperatura, conteúdo de matéria orgânica, concentração de nitrato e cristalinidade dos óxidos.

Pelos resultados obtidos, as diferenças entre as condições das árvores de área pavimentada e de canteiro gramado foram mínimas.

Na Tabela 22 é apresentada a composição química foliar das árvores de acer de parque.

TABELA 22 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES DE ACER DE PARQUE.

Composição Química Foliar			
	Média	Variação	C.V. (%)
	<----- % ----->		
Nitrogênio (N)	2,08	1,24-2,70	23,80
Fósforo (P)	0,15	0,08-0,21	29,08
Potássio (K)	1,26	0,77-1,66	19,63
Cálcio (Ca)	1,13	0,71-1,60	22,81
Magnésio (Mg)	0,17	0,09-0,26	24,71
	<----- ppm ----->		
Ferro (Fe)	122	60-180	32,62
Manganês (Mn)	40	17-80	49,78
Cobre (Cu)	8	4-12	30,53
Zinco (Zn)	17	13-22	14,67
Alumínio (Al)	152	50-230	33,89

Comparou-se os valores dos teores de nutrientes do *Acer negundo* plantado nos parques (Tabela 22) com os valores do *Acer saccharum* plantado em floresta. Os valores máximos dos teores de N, Ca e Mn do *Acer negundo* de plantio em parques foram mais baixos daqueles encontrados no *Acer saccharum* por MADER & THOMPSON (1969). O mesmo fato acontece com os resultados encontrados por ELLIS (1975), com acréscimo do nutriente Mg. Já GERLOFF *et al*⁵ citado por SMILEY *et al* (1985) encontraram teores maiores nos valores médios de Fe, Cu e Zn. As diferenças encontradas nestas comparações provavelmente podem ser relacionadas com as características do ambiente e das espécies *Acer negundo* e *Acer saccharum*.

⁵GERLOFF, G. C.; MOORE, D. G.; CURTIS, J. T. **Mineral content of native plants of Wisconsin.** Univ. Wisc. Agric. Expt Stn. Res. Rept. 14. 1964.

Na Tabela 23 são apresentadas as médias da composição química foliar das árvores de acer de parque e de área pavimentada e canteiro gramado.

TABELA 23 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES DE ACER DE PARQUE COM ÁRVORES DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.

Composição Química Foliar										
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Al
	← %			→		← ppm			→	
Parq.	2.08a	0.15a	1.26a	1.13a	0.17b	122a	40a	8a	17a	152a
Pav.	1.60b	0.13a	1.00b	1.06a	0.20a	83b	32a	4a	16a	81b
Parq.	2.08a	0.15a	1.26a	1.13a	0.17b	122a	40a	8a	17a	152a
C. G.	1.64b	0.16a	1.00b	1.09a	0.22a	83b	27b	5b	15b	94b

Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste T ao nível de 5%.

Observa-se na Tabela 23 que os elementos N, K, Mg, Fe e Al diferenciaram as árvores de área pavimentada das de parque. Enquanto as árvores de canteiro gramado e parque foram diferenciadas pelos elementos N, K, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al.

O que mais chama atenção na Tabela 23 são os baixos teores de Ca (embora não significativos) nas árvores de área pavimentada e canteiro gramado. Este fato pode estar relacionado com as condições desfavoráveis do meio das raízes para a absorção deste elemento. Segundo RUSSEL & CLARKSON⁶ citado por MENGEL & KIRKBY (1987), o transporte do Ca da solução do solo para a parte superior da árvore é feita por via ponta das raízes. Existe alguns fatores ambientais como pobre aeração do solo, que prejudica o crescimento de novas raízes e conseqüentemente impede a absorção de Ca, mesmo se o solo possui um suprimento do mesmo. Complementando, CLARKSON & SANDERSON (1978)

⁶RUSSEL, R. S.; CLARKSON, D. T. Ion transport in root systems. In : SUNDERLAND, N. *Perspectives in experimental biology*. Oxford: Pergamon Press, 1976, v.2, p.401-411.

concluíram que a taxa de absorção do Ca é geralmente baixa porque este cátion só pode ser absorvido pelas pontas das raízes novas, cuja parede celular da endoderme não está ainda suberizada. No meio urbano, as raízes das árvores residem em ambiente muito limitado e provavelmente não há uma condição de ampliação do sistema radicial, conseqüentemente há poucas raízes novas.

Observa-se também um leve decréscimo de Mg nas árvores de parque, que pode ser devido ao pH do solo, mais ácido. De acordo com MENGEL & KIRKBY (1987), a baixa absorção de Mg das plantas não é somente associada a baixa disponibilidade de Mg em solos ácidos, é também diretamente relacionada ao nível baixo de pH. GRIMME⁷ citado por MENGEL & KIRKBY (1987) constataram que este fato não é tanto pela alta concentração de H⁺ e sim pelo aumento do nível de Al que deprecia a absorção de Mg.

4.3.2 Ipê

Nas Tabelas 24 e 25 são apresentadas as médias, variações e os coeficientes de variação da composição química foliar das árvores superiores e inferiores de ipê de área pavimentada em local poluído, área pavimentada e canteiro gramado em local residencial.

⁷GRIMME, H. Aluminium induced magnesium deficiency in oats. *Z. Pflanzenernähr, Bodenk.* v. 146, p. 666-676, 1983.

TABELA 24 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.

	Árvores Superiores			Árvores Inferiores		
	Média	Variação	C.V. (%)	Média	Variação	C.V.(%)
	← % →					
Nitrogênio (N)	3,04	2,65-3,38	6,49	2,95	2,73-3,55	6,73
Fósforo (P)	0,15	0,12-0,30	23,38	0,13	0,11-0,16	12,21
Potássio (K)	1,27	0,97-1,53	11,89	1,23	0,91-1,71	19,72
Cálcio (Ca)	0,98	0,64-1,31	17,09	0,95	0,66-1,23	16,71
Magnésio (Mg)	0,35	0,24-0,47	14,89	0,36	0,25-0,59	25,71
	← ppm →					
Ferro (Fe)	200	125-499	38,31	197	135-354	27,44
Manganês (Mn)	527	109-1156	51,78	572	216-1160	49,81
Cobre (Cu)	9	5-13	27,92	9	4-13	25,44
Zinco (Zn)	26	16-40	18,65	31	26-42	12,56
Alumínio (Al)	231	100-581	43,77	222	150-406	27,69

Observa-se na Tabela 24 que as árvores superiores apresentaram maiores valores médios nos elementos N, P, K, Ca e Al. Os valores dos coeficientes de variação foram bem maiores nos elementos P, Fe e Al das árvores superiores do que das inferiores.

TABELA 25 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL.

	Área Pavimentada			Canteiro Gramado		
	Média	Variacão	C.V. (%)	Média	Variacão	C.V. (%)
	← % →					
Nitrogênio (N)	2,91	1,84-3,96	14,54	2,96	2,26-3,51	8,87
Fósforo (P)	0,18	0,12-0,30	22,71	0,18	0,12-0,28	20,54
Potássio (K)	1,22	1,00-1,66	12,24	1,27	0,98-1,69	14,50
Cálcio (Ca)	1,10	0,51-2,31	31,32	0,99	0,67-1,46	19,11
Magnésio (Mg)	0,30	0,13-0,44	23,68	0,33	0,17-0,56	28,08
	← ppm →					
Ferro (Fe)	138	75-216	28,17	134	91-235	23,17
Manganês (Mn)	614	44-1706	60,50	531	65-2650	88,11
Cobre (Cu)	22	8-35	35,60	13	6-23	36,81
Zinco (Zn)	43	23-75	30,51	35	21-70	35,50
Alumínio (Al)	190	70-330	34,14	161	87-310	28,26

As Tabela 24 e 25, permitem a comparação de árvores urbanas de ipê com árvores urbanas de dedaleiro (*Lafoensia pacari*), espécie também nativa utilizada no meio urbano. Segundo BIONDI & REISSMANN (1992), as árvores de dedaleiro são de área pavimentada em local residencial de tráfego médio de automóveis e situadas no lado da rua sem fiação aérea. Sendo assim, as árvores de ipê apresentaram os seguintes resultados: maiores valores médios para os teores de N, P (com relação as árvores superiores de área pavimentada em local poluído e as árvores de local residencial), K, Mg (com relação as árvores de local residencial), Fe, Mn, Cu, e Zn; e menores valores médios para os teores de Ca e Mg (com relação as árvores de área pavimentada em local poluído); e igual valor médio para os teores de P (para as árvores inferiores de área pavimentada em local poluído). Vale salientar que esta

explicação serve para dar uma referência a respeito da tendência dos nutrientes foliares, embora o comportamento destes seja específico e o solo urbano heterogêneo, principalmente nas propriedades químicas.

As médias da composição química foliar das árvores de área pavimentada e canteiro gramado de local residencial e as árvores superiores de área pavimentada em local poluído, são apresentadas na Tabela 26.

TABELA 26 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL E ÁRVORES SUPERIORES DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.

Composição Química Foliar										
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Al
	←		%	→		←		ppm	→	
R.Pav.	2,91a	0,18a	1,22a	1,10a	0,30a	138b	614a	22a	43a	190ab
R.C.G.	2,96a	0,18a	1,27a	0,99a	0,33a	134b	531a	13 b	35b	161b
P.Pol.	3,04a	0,15b	1,27a	0,98a	0,35a	200a	528a	9c	26c	231a

Valores em colunas seguidos da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os resultados da Tabela 26 mostram diferenças significativas para os seguintes componentes químicos:

a) fósforo (P) - as árvores de área pavimentada em local poluído têm maior teor médio de P. Isto pode ser devido a menores quantidades de P no solo ou ou algum tipo de impedimento de absorção deste nutriente pelas raízes das árvores, como estresse hídrico.

b) Ferro (Fe) - as árvores de área pavimentada em local poluído apresentaram média maior no teor de Fe. Supõe-se que seja devido a poluição ambiental rica em partículas sólidas de metais pesados. Alguns autores como INOUE *et al* (1990) e REISSMANN & BIONDI (1994) já encontraram este mesmo efeito, pesquisando a capacidade fotossintética de árvores submetidas

à poluição e a quantidade de particulados de Fe nas folhas em áreas poluídas. KIM & KIM (1990) analisando concentrações de metais pesados em folhas de árvores ao longo de rodovia, encontraram teores de Fe foliar que variaram de 68 a 340 ppm. Este resultado também pode estar relacionado com as condições anaeróbicas do solo que favorece os processos de redução do Fe^{+3} para Fe^{+2} (detalhes maiores, ver página 82).

c) Cobre e zinco (Cu e Zn) - para estes nutrientes, as 3 categorias de árvores são distintamente diferentes, com maior média para as árvores de área pavimentada em local residencial. Embora estes nutrientes sejam antagônicos na absorção, no Anexo 2D observa-se uma correlação positiva entre eles.

d) Alumínio (Al) - as árvores superiores de área pavimentada em local poluído apresentaram uma média maior no teor de alumínio. É provável que este comportamento tenha sido influenciado pelo Fe (com maiores teores nesta categoria de árvore). A interação destes dois elementos pode ser confirmada através do alto coeficiente de correlação (0,97) no Anexo 2D. Observa-se que o mesmo efeito ocorre também nas árvores de área pavimentada de local residencial.

Os resultados da Tabela 26 indicam que os teores dos nutrientes Cu e Zn, diferenciaram significativamente as árvores de ipê nas três condições de plantio. Já os teores de P e Fe, distinguiram as árvores de local residencial (de área pavimentada e canteiro gramado) e as árvores de área pavimentada em local poluído. E os teores de Al, diferiram as árvores de canteiro gramado e as árvores de área pavimentada em local poluído.

As médias da composição química foliar das árvores superiores e inferiores de área pavimentada em local poluído são apresentadas na Tabela 27.

TABELA 27 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.

Composição Química Foliar										
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Al
	←		%	→		←		ppm	→	
Sup.	3,04a	0,15a	1,27a	0,98a	0,35a	200a	528a	9a	26b	222a
Inf.	2,95a	0,13b	1,23a	0,95a	0,36a	197a	572a	9a	31a	222a

Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os únicos nutrientes que diferiram significativamente os padrões de árvores superiores e inferiores (Tabela 27) são o P e o Zn, sendo que a maior média do P foi para as árvores superiores e a maior média do Zn foi para as árvores inferiores. Devido a igualdade de ambientes, a discussão destes resultados deve ser dirigida para os aspectos fisiológicos da árvore. Apesar destas duas categorias de árvores não apresentarem nenhuma correlação entre o P e o Zn (Anexo 2D), os teores apresentados na Tabela 27 levam a pensar num efeito de interação ou antagonismo destes dois nutrientes. MENGEL & KIRKBY (1987) e OLSEN (1983) citam 4 possibilidades para o acontecimento deste fato: a) uma interação P-Zn no solo; b) uma velocidade de translocação mais lenta do Zn das raízes para as extremidades da planta; c) um efeito simples de difusão na concentração de Zn nas extremidades da planta devido a resposta do crescimento do P e d) uma alteração metabólica dentro das células da planta relacionada com o desbalanceamento entre o P e o Zn, ou uma concentração excessiva de P que interfere com as funções metabólicas do Zn nos determinados sítios da célula. Neste último caso a concentração do Zn por si mesma não é a causa direta da alteração no crescimento.

Assim como nas árvores de acer, os resultados obtidos não permitiram distinguir as árvores superiores das inferiores com os teores de nutrientes foliares. Embora com relação as árvores de ipê, os nutrientes P e Zn tenham apresentado teores significativamente diferentes.

Mas, para uma precisa distinção entre as de categorias de árvores, é preciso que haja mais evidências, isto é, maior número de nutrientes significativamente distintos.

Na Tabela 28 é apresentada a composição química foliar das árvores de ipê de parque.

TABELA 28 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES DE IPÊ DE PARQUE.

Composição Química Foliar			
	Média	Variação	C.V. (%)
	<----- % ----->		
Nitrogênio (N)	1,93	1,07-2,36	16,77
Fósforo (P)	0,14	0,10-0,19	18,21
Potássio (K)	0,80	0,41-1,16	30,01
Cálcio (Ca)	1,00	0,74-1,59	26,71
Magnésio (Mg)	0,30	0,14-0,50	36,13
	<----- ppm ----->		
Ferro (Fe)	208	125-320	26,04
Manganês (Mn)	720	181-1781	70,68
Cobre (Cu)	15	9-21	25,43
Zinco (Zn)	29	20-74	28,05
Alumínio (Al)	285	162-475	34,07

Observa-se nas Tabelas 26, 27 e 28 que os valores médios de N, P, K, Mg e Mn das árvores de parque foram menores que as árvores superiores de área pavimentada em local poluído e os valores médios de N, P, K, Ca, Cu e Zn das árvores de local residencial foram maiores que as árvores de parque.

Os valores médios dos nutrientes foliares das árvores de ipê de parque (Tabela 28) quando comparados com espécies nativas folhosas pertencentes a mesma comunidade fitossociológica como a imbuia (*Ocotea porosa*) e a erva-mate (*Ilex paraguariensis*),

observou-se que as árvores de ipê de parque apresentaram maiores teores médios de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu e Al, e igual teor médio de N quando relacionado com a imbuia (FELLEK *et al*, 1991). Com relação à erva-mate, as árvores de ipê apresentaram maiores médias nos teores de N, P, Ca e Fe e menores médias nos teores de K, Mg, Mn, Cu, Zn e Al (REISSMANN *et al*, 1983). Embora os valores da composição química foliar variem em função da espécie, esta comparação dá uma idéia aproximada da amplitude de variação entre espécies nativas, devido a escassez de informações específicas sobre *Tabebuia chrysotricha*.

A comparação de médias da composição química foliar das árvores de parque com as árvores de rua em diferentes condições de plantio é apresentada na Tabela 29.

A Tabela 29 mostra que os teores de N, P, K, Fe, Cu, Zn e Al das árvores de parque diferiram significativamente das árvores de área pavimentada e canteiro gramado em local residencial.

TABELA 29 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES DE IPÊ DE PARQUE COM ÁRVORES DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL E DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO.

	Composição Química Foliar									
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Al
	←		%	→		←		ppm	→	
Parque	1,93b	0,14b	0,80b	1,00a	0,30a	208a	720a	15b	29b	285a
P. Res.	2,91a	0,18a	1,22a	1,10a	0,30a	138b	614a	22a	43a	190b
Parque	1,93b	0,14b	0,80b	1,00a	0,30a	208a	720a	15a	29b	285a
C.G.R.	2,96a	0,18a	1,27a	0,99a	0,33a	134b	531a	13b	35a	161b
Parque	1,93b	0,14a	0,80b	1,00a	0,30a	208a	720a	15a	29a	285a
S.P.Pol	3,04a	0,15a	1,27a	0,98a	0,35a	200a	528a	9b	26a	231a

Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste T ao nível de 5%.

Observa-se nas árvores de área pavimentada de local residencial (Tabela 29) que houve um aumento no teor de Ca e conseqüentemente uma diminuição no teor de Al, este efeito antagônico pode ser visto através do coeficiente de correlação negativo (Anexo 2D).

Os resultados da Tabela 29 possibilitou obter os seguintes resultados:

- a) os teores dos nutrientes foliares das árvores em local residencial são semelhantes, independente das condições de plantio;
- b) apesar das discrepâncias de locais, os teores dos nutrientes foliares das árvores de área pavimentada em local poluído se assemelham mais as árvores de parque.

4.4 CORRELAÇÕES ENTRE OS PARÂMETROS DE VIGOR, COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR E CARACTERES DO SOLO.

Devido ao grande número e tamanho das matrizes de correlação do acer e do ipê, só serão apresentados os coeficientes de correlação significativos ao nível de 5 % nos Anexos 2.

4.4.1 Correlação entre os parâmetros de vigor e a composição química foliar.

Quando se refere as árvores de acer, nos Anexos 2A e 2B pode-se observar várias correlações entre os parâmetros de vigor que são expressivas tanto pelo seu grau de associação como pela sua constância nas 5 categorias de árvores. A correlação positiva $DCo \times PAP$, presente nas árvores de canteiro gramado, parece ser uma relação muito importante para futuros estudos que envolvam a manutenção (poda) da copa das árvores urbanas. A correlação positiva $PCFx AF$ é um fato fisiologicamente coerente, está presente em todas as categorias de árvores e apresenta maior coeficiente de correlação nas árvores de área pavimentada e parque. As correlações entre os parâmetros de vigor e nutrientes foliares, especificamente as

correlações negativas, podem ser relacionadas com o efeito de diluição. Os resultados obtidos foram independentes do padrão das árvores e condições de plantio. As correlações entre os nutrientes foliares foram na maioria correlações clássicas como por exemplo: N x Cu, Fe, P, Ca, K; Mg x K, Ca; Ca x K. MENGEL & KIRKBY (1987), MARCHNER (1986), EPSTEIN (1975), BAEYENS (1970), MORTVEDT *et al* (1983), GAUCH (1972) e outros autores justificam estas relações encontradas geralmente em plantas agrícolas. Com isto pode-se constatar que estas correlações não são tão alteradas pelo meio e nem pelo porte da planta. O que se pode investigar futuramente é a persistência ou constância destas correlações nas árvores urbanas para se tentar buscar uma diferenciação com plantas de diferentes portes e ambientes. Dentre todas as correlações significativas obtidas entre os nutrientes foliar, a de mais alto valor e que mais chamou a atenção foi a Fe x Al. Observa-se que esta correlação está presente tanto nas árvores de rua como nas de parque, onde os solos têm pH distintos. Acredita-se que neste caso, a árvore deve ter um mecanismo de absorção de Fe e Al que age simultaneamente mesmo se o solo tem maior ou menor suprimento destes dois elementos. Esta hipótese pode ser ligada aos fundamentos de GRIMME & HODGSON (1968) que dizem existir um mecanismo de ligação não seletiva entre o Fe e o Al. Este mecanismo localizado na raiz, com possibilidade de também ser localizado na parte aérea da planta, aumenta a resistência à toxicidade de Al, predisposição a deficiência de Fe e a clorose. Diz ainda que este mecanismo pode variar entre espécies e entre ecótipos. MULLETTE *et al* (1974) também apontam a hipótese de que existe um mecanismo de suprimento de P a partir dos complexos $AlPO_4$ e $FePO_4$. Os elementos P, Al e Fe são removidos dos complexos com o auxílio do exudado da raiz junto com os microrganismos e tornam-se disponíveis na forma Al^{+3} , Fe^{+3} e $H_2PO_4^-$ para as plantas.

Quando se refere as árvores de ipê, nos Anexos 2C e 2D, observar-se que as árvores plantadas nas ruas, apresentam uma boa associação entre os parâmetros DCo x PAP e PCF x AF. Já as árvores de parque, PR foi o parâmetro mais associado aos outros parâmetros. Entre

as correlações com os nutrientes foliares, assim como nas árvores de acer, houve também muitas correlações clássicas, principalmente a correlação positiva de Fe x Al.

4.4.2 Correlação entre os parâmetros de vigor e caracteres físicos e químicos do solo.

Em relação as árvores de acer, nos Anexos 2B e 2E, observa-se que PAP das árvores urbanas foi o único parâmetro de vigor comum e correlacionado com o solo, no qual mostrou-se bastante associado com o pH do solo. No Anexo 2E, encontra-se tanto o PAP como o DCo correlacionado positivamente com o pH e o V, e negativamente correlacionada com o H+Al. Estes dois parâmetros de vigor podem indicar a tendência da reação do solo em que a espécie tem o maior desenvolvimento de copa e diâmetro do fuste das árvores.

Para o ipê, as árvores de canteiro gramado em local residencial e parque (Anexos 2C e 2F), apresentaram o P do solo associado com o DCo e PAP, assim como as percentagens de areia e argila com o DCo.

4.4.3 Correlação entre a composição química foliar e os caracteres físicos e químicos do solo

As correlações entre a composição química foliar e os caracteres físicos e químicos do solo utilizado pelas árvores de acer e ipê, são apresentadas nos anexos 2B, 2C, 2E e 2F. Observa-se que houve um número bem menor de correlações com as árvores plantadas em rua do que àquelas plantadas em parque. Segundo VAN RAIJ (1987), é difícil obter correlações entre teores de nutrientes do solo com os nutrientes foliares, devido uma série de fatores, principalmente os ambientais. Com as árvores de acer, observa-se nos Anexos 2B e 2E que o K no solo foi o elemento mais bem associado com os nutrientes foliares, inclusive com o K

foliar. E com as árvores de ipê, observa-se no Anexo 2C a correlação positiva do teor de P no solo com o teor de P foliar.

Todas estas correlações acima apresentadas têm mais o caráter de deixar registrado resultados de uma pesquisa pioneira no Brasil, na qual ainda não foi possível traçar uma comparação com outros resultados de trabalhos deste gênero.

4.5 RELAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE N:P:K NAS ÁRVORES

As relações N, P e K para as árvores de acer, foram classificadas de acordo com o padrão de árvores e condições de plantio, como mostra a Tabela 30.

A relação dos teores foliares de N, P e K das árvores em estudo foram comparadas com a relação ótima estabelecida por BINNS *et al* (1983), que foi de 10:1:5 para 15 espécies de árvores folhosas (inclusive o gênero acer) utilizadas na arborização. O objetivo desta relação foi criar um indicador de concentração de nutrientes foliares.

TABELA 30 - RELAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE N:P:K DAS ÁRVORES DE ACER.

Árvores	Relação NPK
Sup. Pavimentada	11:1:7
Inf. Pavimentada	11:1:6
Sup. C. Gramado	10:1:6
Inf. C. Gramado	12:1:6
Parque	14:1:9

Na Tabela 30, observa-se que a relação dos teores foliares de N:P:K das árvores de acer foi superior a relação ótima em todos os padrões e condições de plantio. As árvores de parque apresentaram maior relação N:P:K, provavelmente devido ao menor teor de P no solo de parque (ver Tabela 14). Pelos resultados obtidos, não se pode afirmar que as árvores de acer de parque têm uma relação ótima porém, os valores médios dos parâmetros de vigor PCF e AF destas árvores (ver Tabela 8) indicam que possuem maior produtividade em relação as outras categorias de árvores.

Na Tabela 31 são apresentadas as relações dos teores foliares de N:P:K das árvores de ipê conforme o padrão de árvores e condições de plantio.

TABELA 31 - RELAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE N:P:K DAS ÁRVORES DE IPÊ.

Árvores	Relação NPK
Sup. Pav. Poluído	21:1:9
Inf. Pav. Poluído	23:1:10
Pav. Residencial	17:1:7
C. G. Residencial	17:1:7
Parque	14:1:6

A Tabela 31 mostra que também para as árvores de ipê todas as relações dos teores foliares de N:P:K são maiores que a relação ótima. Pelos resultados obtidos, observa-se que as relações das árvores de ipê apresentaram maiores diferenças devido as condições locais. As árvores de área pavimentada em local poluído apresentaram maior valor da relação, mas estes não correspondem à maior produtividade, visto que os valores de PCF e AF e PAP (ver Tabela 9) foram menores. Isto pode estar indicando que esta alta relação não seja ideal para as árvores de ipê e que esteja afetando o seu desenvolvimento. REISSMANN *et al* (1983), pesquisando *Ilex paraguariensis*, encontraram a relação N/P igual a 19 e constataram que esta

relação situava-se fora dos limites normais para as folhosas. HUNGER⁸ e NEBE⁹ citado por REISSMANN *et al* (1983), pesquisando povoamentos de *Picea abies*, concluíram que as relações N/P maiores que 9 podem ser correlacionadas com baixo crescimento das árvores e deficiências de P.

Considerando estas informações, a relação N:P:K das árvores de parque pode ser considerada boa, principalmente quando relacionada com os maiores valores dos parâmetros de vigor PCF e AF (ver Tabela 11), que indicam maior produtividade.

O conhecimento das relações dos teores foliares de N:P:K das árvores de acer e ipê nos diferentes locais e condições de plantio, analisadas acima, tem uma grande importância prática na prescrição de fertilizantes em árvores urbanas. Foi visto que as relações dos teores foliares de N:P:K nas árvores em estudo variaram, embora sutilmente, de acordo com as condições edáficas, vigor, formas de plantio e condições de poluição do ambiente. Sendo assim, a consideração destes fatores irá permitir a aplicação mais precisa e específica de nutrientes em pequenos suprimentos, reduzindo a chance de aplicação em superdose de nutrientes desnecessários à árvore. Com esta base, será possível estabelecer uma metodologia mais eficiente para aplicação de fertilizantes nas árvores urbanas, evitando prejuízos às árvores e maiores custos para os órgãos responsáveis pela manutenção da arborização urbana.

⁸HUNGER, R. über der Ernährungszulstand ältere Fichtenreinbestände auf Pseudogley-Standorten in Jahren mit stark unterschiedlichen Niederschlagsverhältnissen. *Archiv Forstwis*, v. 19, p.961-973, 1970.

⁹NEBE, W. über den Ernährungszustand älterer Fichtenbestände in den mittleren Berglagen unter besonderer Berücksichtigung des Osterzgebirges. Diss. TU Dresden.

4.6 ANÁLISE DAS ÁRVORES DE ACER COM FOLHAS DE SENESCÊNCIA PRECOCE

4.6.1 Análise dos parâmetros de vigor qualitativos

A caracterização visual das árvores para o estudo da senescência precoce das folhas de acer foi feita através dos parâmetros de vigor qualitativos e quantitativos das árvores quando suas folhas ainda apresentavam a coloração verde isto é, com folhas jovens. O percentual dos parâmetros de vigor das folhas senescentes das diferentes categorias de árvores são apresentados nas Tabelas 32 e 33.

TABELA 32. VALORES PERCENTUAIS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUALITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER COM FOLHAS SENESCENTES DE ÁREA PAVIMENTADA.

	Árvores Superiores				Árvores Inferiores			
	Notas							
	0	1	2	3	0	1	2	3
Epífitas	80,0	20,0	-	-	100	-	-	-
Pragas	100	-	-	-	100	-	-	-
Frutos	13,0	7,0	40,0	40,0	50,0	-	30,0	20,0
Copa	-	-	27,0	73,0	-	10,0	80,0	10,0
Tronco	73,0	15,0	12,0	-	20,0	-	30,0	50,0
Doenças	67,0	27,0	6,0	-	20,0	20,0	20,0	40,0
G.Secos	93,0	7,0	-	-	60,0	30,0	10,0	-

As notas 0, 1, 2 e 3 referem-se a intensidade de ocorrência do referido parâmetro na árvore (ver item 3.4.4).

As diferenças entre as árvores superiores e inferiores (Tabela 32) mostram alguns percentuais distintos como: 80 % das árvores superiores são frutificadas contra 50 % das

árvores inferiores; mais de 70 % das árvores superiores têm copa densa enquanto nas inferiores apenas 10 %; mais de 70 % das árvores superiores não tiveram danos ao tronco enquanto 50 % das inferiores tiveram danos ao tronco; mais de 60 % das árvores superiores não apresentaram sintomas de doenças enquanto 80 % das árvores inferiores apresentaram; mais de 90 % das árvores superiores não apresentaram galhos secos enquanto que 60 % das árvores inferiores não apresentaram.

TABELA 33 - VALORES PERCENTUAIS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUALITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER COM FOLHAS SENESCENTES DE CANTEIRO GRAMADO.

	Árvores Superiores				Árvores Inferiores			
	0	1	2	3	0	1	2	3
Epífitas	87,0	13,0	-	-	80,0	-	20,0	-
Pragas	100	-	-	-	70,0	20,0	10,0	-
Frutos	60,0	-	-	40,0	30,0	10,0	-	60,0
Copa	0	-	53,0	47,0	-	30,0	60,0	10,0
Tronco	73,0	20,0	-	7,0	70,0	10,0	10,0	10,0
Doenças	87,0	13,0	-	-	-	20,0	-	80,0
G.Secos	87,0	13,0	-	-	50,0	30,0	10,0	10,0

As notas 0, 1, 2 e 3 referem-se a intensidade de ocorrência do referido parâmetro na árvore (ver item 3.4.4).

As árvores superiores e inferiores de canteiro gramado (Tabela 33) apresentaram as seguintes diferenças: 100 % das árvores superiores não apresentaram pragas e enquanto 70 % das árvores inferiores apresentaram pragas; 60 % das árvores superiores estavam sem frutos e enquanto 70 % das árvores inferiores estavam com frutos; mais de 80 % das árvores superiores não apresentaram sintomas de doenças enquanto 100 % das árvores inferiores apresentaram doenças, dos quais 60 % desta ocorrência era de maior intensidade; mais de 80

% das árvores superiores não apresentaram ocorrência de galhos secos e enquanto apenas 50 % das árvores inferiores.

A Tabela 34 apresenta os valores percentuais das notas relativas a coloração da folhagem das árvores superiores e inferiores de acer de área pavimentada e canteiro gramado.

Nas árvores de área pavimentada, 80 % das árvores superiores apresentaram tonalidade de verde característico da espécie, enquanto as inferiores apresentaram apenas 50 % das árvores.

TABELA 34 - VALORES PERCENTUAIS DAS NOTAS RELATIVAS A COLORAÇÃO DA FOLHAGEM DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.

Nota	Árvores Superiores						Árvores Inferiores					
	3	4	5	6	7	8	3	4	5	6	7	8
Pav.	13,0	-	80,0	-	7,0	-	40,0	-	50,0	-	10,0	-
C.G.	-	13,0	67,0	7,0	13,0	-	-	80,0	-	-	-	20,0

As tonalidades de verde vão clareando na ordem crescente das notas (ver item 3.4.4)

Quanto as árvores de canteiro gramado (Tabela 34), mais de 60 % das árvores superiores apresentaram uma tonalidade de verde característico da espécie enquanto 80 % das árvores inferiores apresentaram um tom de verde mais escuro.

Observa-se que na maioria dos parâmetros de vigor, as árvores superiores estavam em melhor situação, com exceção da ocorrência de galhos secos e a tonalidade da cor das folhas. Mas, o que caracterizou mais as árvores inferiores foi a percentagem de 100 % de ocorrência de doenças.

4.6.2 Análise dos parâmetros de vigor Quantitativos

As médias dos parâmetros de vigor quantitativos das árvores superiores e inferiores, frutificadas e não frutificadas, de área pavimentada e canteiro gramado, são apresentadas na Tabela 35.

TABELA 35 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DOS PARÂMETROS DE VIGOR QUANTITATIVOS DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER COM FOLHAS SENESCENTES, FRUTIFICADAS E NÃO FRUTIFICADAS, DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.

Parâmetros de Vigor Quantitativos						
	D_{Co}(m)	PAP (cm)	PCF (g)	ER (cm)	PR (g)	AF (cm²)
Superior	8,13 a	78,20 a	93,61 a	18,87 a	3,68 a	146,36 a
Inferior	7,05 b	68,95 b	82,29 a	16,44 a	3,39 a	127,41 a
Frut.	7,53 a	74,36 a	79,50 b	15,31 a	3,66 a	122,46 b
N. Frut.	7,85 a	74,61 a	96,61 a	19,93 a	3,50 a	151,59 a
Pav.	8,29 a	78,86 a	92,32 a	19,66 a	3,60 a	147,40 a
C. G.	7,12 b	70,14 b	85,84 a	16,14 a	3,54 a	130,15 a

Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os resultados da Tabela 35 mostram que o D_{Co} e PAP apresentaram diferenças significativas entre as árvores superiores e inferiores e as de área pavimentada e canteiro gramado. Isto significa que para o grupo de árvores que apresentou folhas com senescência precoce, os parâmetros D_{Co} e PAP as distinguiram tanto pelo padrão das árvores como pela condição de plantio. A frutificação mostrou influência nos parâmetros PCF e AF quando as árvores estavam ainda com as folhas jovens.

4.6.3 Caracterização do solo utilizado pelas árvores de acer com folhas senescentes

As médias dos caracteres químicos e físicos do solo utilizado pelas árvores superiores e inferiores de canteiro gramado são apresentadas na Tabela 36.

TABELA 36 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DOS SOLOS UTILIZADOS PELAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER COM FOLHAS SENESCENTES DE CANTEIRO GRAMADO.

Caracteres Químicos do Solo		
	Superiores	Inferiores
pH (CaCl ₂)	5,7 a	5,4 b
H+Al (meq/100cm ³)	4,4 a	4,9 a
Ca⁺² (meq/100cm ³)	9,5 a	7,8 a
Mg⁺² (meq/100cm ³)	3,3 a	2,9 a
K⁺ (meq/100cm ³)	0,50 a	0,39 a
T (meq/100cm ³)	17,7 a	16,1 a
P (µg/g)	18,9 a	15,1 a
M.O. (%)	7,4 a	5,1 a
V (%)	74,9 a	68,6 b
Caracteres Físicos do Solo		
Areia (%)	41 a	37 a
Silte (%)	29 a	27 a
Argila (%)	30 b	36 a

Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

A Tabela 36 mostra que os 2 tipos de solos são praticamente iguais, diferindo apenas nos valores do pH e da saturação de base (V), o que indica ser o solo utilizado pelas árvores

inferiores mais ácido. Quanto aos caracteres físicos, a argila é o que diferenciou os dois tipos de solos. Observa-se que o solo das árvores superiores apresentou uma maior percentagem de areia, que pode ter favorecido a aeração do solo.

Pelos resultados, a senescência precoce foliar das árvores de canteiro gramado não pode ser atribuída ao suprimento de nutrientes do solo, pois este parece rico. Deve existir uma série de fatores ambientais no meio urbano, além da fertilidade do solo, que fazem com que algumas árvores apresentem senescência foliar precoce. JACKSON & DREW (1984) por exemplo, afirmaram que a aceleração da senescência foliar é devido ao fechamento dos estômatos como consequência dos locais inundados ou com falta de oxigênio.

4.6.4 Análise do peso de cem folhas senescentes

O único parâmetro de vigor quantitativo analisado nas árvores senescentes foi o PCF. As médias do PCF das folhas jovens e senescentes foram significativamente diferentes pelo teste de Tukey ao nível de 5 %, como mostram os itens abaixo:

a) $PCF_{Jovem} = 89,08 \text{ g}$

b) $PCF_{Senesc.} = 76,30 \text{ g}$

Pelos resultados, observa-se que o peso de cem folhas senescentes decresceu 14 % em relação ao peso de cem folhas jovens, houve portanto, uma perda de peso seco. SPENCER & TITUS (1972) confirmam este resultado dizendo que, em geral a senescência é caracterizada pela perda total de nitrogênio, proteína, clorofila, RNA, DNA e peso seco. BALLARD & PETRIE¹⁰ citado por HILL (1980) definiram 3 estádios de vida da folha: a) adolescência - período de crescimento; b) maturidade - período de peso constante antes do crescimento cessar e; c) senescência - período de declínio em peso e desorganização interna. De acordo

¹⁰BALLARD, L. A. T.; PETRIE, A. H. K. Physiological ontogeny in plants and its relation to nutrition. I The effect of nitrogen supply on the growth of the plant and its parts. *Aust. J. Exp. Biol. Med. Sci.*, v. 14, p.135-163, 1936.

período de crescimento; b) maturidade - período de peso constante antes do crescimento cessar e; c) senescência - período de declínio em peso e desorganização interna. De acordo com estas informações, os resultados obtidos do PCF indicam que a senescência das folhas de acer foi perfeitamente caracterizada.

As médias do PCF das árvores superiores e inferiores, frutificadas e não frutificadas, de área pavimentada e canteiro gramado apresentadas na Tabela 37, mostram a influência das categorias das árvores e as condições do meio.

TABELA 37 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DO PESO DE CEM FOLHAS SENESCENTES DE ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER, FRUTIFICADAS E NÃO FRUTIFICADAS, DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.

Categorias de Árvores e Condições de Plantio						
	Superior	Inferior	Frut.	N.Frut.	Pav.	C. G.
PCF (g)	79,62 a	71,34 a	77,54 a	75,34 a	80,23 a	72,37 a

Valores seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Os resultados da Tabela 37 indicam que o PCF não sofreu influência das categorias das árvores e condições de plantio, embora apresente uma menor média para as árvores inferiores, árvores não frutificadas e árvores de canteiro gramado.

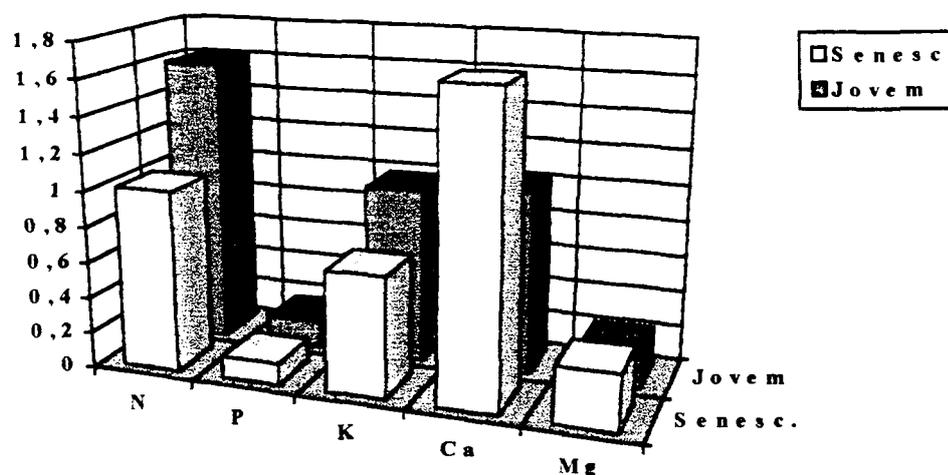
4.6.5 Composição química das folhas senescentes

As Figuras 1 e 2 mostram os teores de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al das árvores de acer, independentemente do padrão de árvores e condições de plantio.

Na Figura 1 observa-se que os teores dos macronutrientes N, P e K foram reduzidos nas folhas senescentes, indicando a sua mobilidade para as outras partes da árvore. Por outro

(1978), OSTMAN & WEAVER (1981). De acordo com MALAVOLTA *et al* (1989), o Mg é considerado um nutriente móvel. Neste caso, o Mg apresentou-se imóvel, portanto existe algumas possibilidades que podem justificar o seu comportamento nas árvores de acer, como: a época da coleta das folhas senescentes pode ter sido anterior a sua mobilização para outras partes da árvore ou a mobilização deste nutriente nas árvores de acer pode ser caracteristicamente tardia quando plantadas em ambiente urbano.

FIGURA 1 - TEORES DE N, P, K, Ca E Mg NAS FOLHAS SENESCENTES DE ACER.

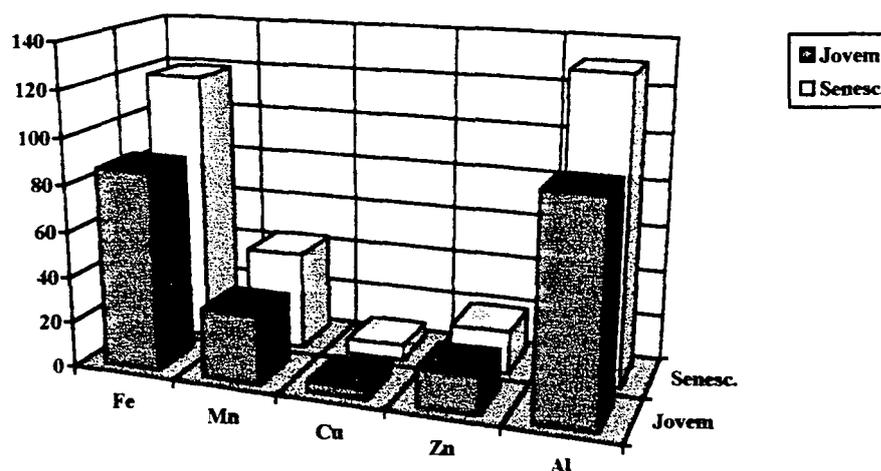


Ainda com relação aos resultados da Figura 1, MITCHELL¹¹ citado por KRAMER & KOZLOWSKI (1960) verificou em várias espécies que as concentrações de N, P e K decresce rapidamente durante o período de mais intenso crescimento foliar e depois de iniciado o amarelecimento, revelando assim uma migração dos nutrientes. Estes resultados indicam que mesmo durante o período de maior desenvolvimento das folhas, deve haver uma queda leve no acúmulo de N, P e K foliar, já que as diferenças significativas para estes nutrientes foram

¹¹MITCHELL, H. L. Trends in the nitrogen, phosphorus, potassium and calcium content of the leaves of some forest trees during the growing season. *Black Rock Forest Papers*, n. 1, p. 30-44, 1936.

verificadas no início do amarelecimento foliar. MOORE¹² citado por KOZLOWSKI (1971) observou que, durante a senescência das folhas, a perda por redistribuição é relativamente grande, principalmente dos nutrientes N, P e K, enquanto o Ca e o Mg são geralmente retidos ou acumulados na folha. GUHA & MITCHELL (1966) afirmaram que muitos autores constataram que o conteúdo de Ca nas folhas geralmente aumenta com a idade da folha.

FIGURA 2 - TEORES DE Fe, Mn, Cu, Zn e Al NAS FOLHAS SENESCENTES DE ACER.



A Figura 2 mostra claramente que os teores dos micronutrientes e Al são maiores nas folhas senescentes, indicando assim sua imobilidade e acúmulo nas mesmas.

Com a varrição das folhas nas calçadas, estes elementos deixam de ser incorporados no solo para o processo de reciclagem destes nutrientes. Devido as limitações do solo urbano, pode ser que as árvores plantadas nas calçadas venham sofrer deficiências de micronutrientes pela quebra da ciclagem natural dos nutrientes, bem como pela elevação do pH (resultante da incorporação de restos de construções no solo).

¹²MOORE, K. G. Senescence in leaves of *Acer pseudoplatanus* L. and *Parthenocissus tricuspidata* Planch. II. Changes in potassium and sodium content in leaves and leaf discs of Acer. *Ann. Bot.*, London, v. 30, p. 683-699, 1966.

4.6.6 Estimativa da redistribuição e acúmulo de nutrientes e Al nas folhas senescentes

Nas Tabelas 38 e 39 são apresentadas as estimativas da percentagem da redistribuição e acúmulo de nutrientes nas folhas senescentes nas diferentes categorias de árvores e condições de plantio.

TABELA 38 - ESTIMATIVA DA REDISTRIBUIÇÃO DE N, P e K DAS FOLHAS SENESCENTES DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER, FRUTIFICADAS E NÃO FRUTIFICADAS, DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.

	PERCENTAGEM DE REDISTRIBUIÇÃO					
	Sup.	Inf.	Frut.	N.frut.	Pav.	C. G.
Nitrogênio	58,33	68,26	63,19	62,26	65,24	59,87
Fósforo	85,71	75,00	80,00	80,00	85,71	75,00
Potássio	64,95	74,49	70,65	67,65	66,31	71,00

Observa-se na Tabela 38 que P e K, independente das categorias de árvores e condições de plantio, obtiveram maior percentagem de redistribuição do que N. Segundo KOZLOWSKI (1971), o N é o nutriente que, durante a senescência das folhas, apresenta uma quantidade apreciavelmente maior do que o P e o K que são redistribuídos para outros órgãos da planta. Este fato pode estar relacionado com a época da coleta de folhas, talvez precoce, antes do N alcançar uma maior percentagem de redistribuição. As diferenças nas proporções de N, P e K são bem uniformes, ficando o P 1,3 vezes maior que o N e o K. OLAND (1963) encontrou em *Malus* uma diferença quase 2 vezes maior de N em relação ao P e 1,4 vezes maior que o K, evidenciando assim o maior teor de N. Pelo que consta nas referências bibliográficas, os resultados obtidos indicam que as folhas coletadas de acer ainda não tinham atingido o auge da senescência. NEBEL & MATILE (1992) pesquisando *Pinus cembra* L., observaram que cerca de 70 % de N, P e K são exportados no curso da senescência das folhas

para os galhos ou acículas mais novas para reutilização na estação de crescimento seguinte. Com esta proporção de N, P e K foi possível mostrar que o *Pinus cembra* L. é mais eficiente na reutilização destes elementos do que outras espécies.

Pelos resultados apresentados, a grande maioria das árvores apresentaram percentagens maiores ou próxima a 70 % de redistribuição de N, P e K. Caso as folhas ainda não tenham atingido a senescência completa, é provável que a percentagem de redistribuição destes nutrientes venha aumentar ainda mais. Isto indica que as árvores de acer podem ser bastante eficientes no processo de reutilização de N, P e K na estação de crescimento.

TABELA 39 - ESTIMATIVA DA PERCENTAGEM DE ACÚMULO DE Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al NAS FOLHAS SENESCENTES DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER, FRUTIFICADAS E NÃO FRUTIFICADAS, DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.

PERCENTAGEM DE ACÚMULO						
	Sup.	Inf.	Frut.	N.frut.	Pav.	C. G.
Cálcio	75,27	50,43	37,19	93,18	53,70	75,26
Magnésio	33,33	59,09	39,13	57,89	45,00	57,14
Ferro	45,93	25,58	28,75	43,96	40,83	33,00
Manganês	48,42	36,30	35,56	50,62	44,49	41,56
Cobre	52,62	42,59	76,07	31,95	67,35	33,26
Zinco	24,30	*	30,89	98,74	6,40	19,84
Alumínio	34,07	50,03	34,95	43,81	61,15	20,10

* Nesta categoria, o zinco não se acumulou nas folhas.

Observa-se na Tabela 39 que o Zn nas árvores inferiores não apresentou nenhuma percentagem de acúmulo, indicando assim sua mobilidade. Segundo HILL (1980) o Zn é considerado um elemento de mobilidade variável. De acordo com o mesmo autor, a mudança do estado móvel para imóvel deste elemento é determinada pela relação entre o conteúdo de nutrientes da folha e sua idade. Conforme os resultados da Tabela 39, 24,30 % do Zn das

árvores superiores apresentou-se imóvel, isto é, acumulou-se nas folhas. Logo, o teor médio de Zn (20 ppm) das folhas senescentes das árvores superiores pode estar indicando o limite máximo em que ocorre a mudança do estado móvel para imóvel de Zn enquanto o limite mínimo deve ser o teor médio de Zn das folhas senescentes das árvores inferiores que é de 16 ppm. Portanto, baseado nestas informações, pode-se dizer que o limite em que ocorre a mudança de mobilidade de Zn nas folhas senescentes de acer deve estar entre 20 a 16 ppm.

Os resultados das Tabelas 38 e 39 podem ser resumidos da seguinte forma:

a) as árvores inferiores redistribuíram maior percentagem dos nutrientes N e K do que as árvores superiores; b) as árvores não frutificadas redistribuíram menor ou igual percentagem de nutrientes do que as árvores frutificadas; c) as árvores de área pavimentada redistribuíram maior percentagem de nutrientes do que as árvores de canteiro gramado; d) as árvores superiores acumularam mais Ca, Fe, Mn, Zn e Cu; e) as árvores não frutificadas acumularam menos Cu e f) as árvores de canteiro gramado acumularam mais Ca, Mg e Zn

Para estes resultados existe uma série de justificativas baseadas nas experiências de diversos autores como segue.

A maior percentagem de redistribuição do N das árvores inferiores pode indicar uma deficiência no suprimento de N no meio das raízes (MENGEL & KIRKBY, 1987). LEOPOLD & KRIEDEMANN (1975) concluíram que deficiências nutricionais também podem aumentar a exportação de material nitrogenado das folhas. Segundo KISSEL & RAGLAND (1967), o grau de redistribuição de nutrientes na planta varia com o declínio do fluxo de nutrientes. Existe ainda a possibilidade de que devido ao gasto muito grande de energia para a planta absorver nutrientes do solo e transformá-los, pode ser que as árvores inferiores redistribuam mais N e K para poupar energia e reutilizá-los na próxima estação de crescimento. BINKEY (1986) constatou que, para algumas árvores com nenhuma abundância de energia, a reciclagem interna de N, por exemplo, sempre poderá ser mais eficiente do que a utilização do N do solo. Para este comportamento, o mesmo autor sugere que a conservação de nutrientes pela reciclagem interna na planta é muito importante em sítios com baixos nutrientes. Embora,

reciclagem interna na planta é muito importante em sítios com baixos nutrientes. Embora, existam poucas evidências, há uma hipótese de que a eficiência da reciclagem interna é aumentada sob sítios deficientes em nutrientes. CLARKSON & HANSON (1980) também apoiam este fato, dizendo que em comunidades naturais, onde os nutrientes são escassos, as plantas desenvolvem características como: ajustamento da taxa de crescimento para ser compatível com o suprimento de nutrientes; eficiência na aquisição de nutrientes; eficiência na economia interna que é resultado de uma eficiente redistribuição de nutrientes na planta. Os mesmos autores ainda afirmam que há uma interação entre o estresse, a senescência e a redistribuição de nutrientes. A maioria dos principais nutrientes são redistribuídos rapidamente das folhas maduras/senescentes para aquelas de crescimento; adicionalmente, quando as plantas têm deficiências, perdem N, P, K e algumas vezes S, podendo apressar a senescência das folhas recentemente expandidas.

A maior percentagem na redistribuição de nutrientes nas árvores de área pavimentada pode ser justificada por várias hipóteses: a) o efeito de diluição na porção remanescente dos elementos móveis, onde o peso de cem de folhas é maior nas árvores de área pavimentada; b) a abscisão das folhas por estresse hídrico pode ter sido mais intensa nas árvores de área pavimentada e c) considerando que o P é o elemento pretensamente mais redistribuído, pode ser que as árvores de área pavimentada, sendo a princípio mais vigorosas, tenham mais energia para ativar o processo de redistribuição ou tendo em vista que o P (elemento formador de ligações energéticas como ATP/ADP) quando se desdobra, libera energia que pode ser utilizada para adequar o meio radicial desfavorável.

A maior redistribuição de nutrientes nas árvores de área pavimentada também pode ser uma causa ou um efeito, já que estas árvores mostram melhor desempenho na estação de crescimento, quando as folhas são jovens. HARLEY *et al*¹³ citado por MASON & WHITFIELD (1960) confirmam a importância dos nutrientes redistribuídos dizendo que o crescimento dos ramos e a produção de frutos depende mais do material estocado nos tecidos

¹³HARLEY, C. P., MOON, H. H.; REGEIMBAL, L. O. A study of correlation between growth and certain nutrient reserves in young apple trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* Kent, v. 53, p. 1-5, 1949.

da árvore do ano anterior do que a absorção de nutrientes no corrente ano e, quanto mais velha a árvore, presumivelmente a importância das reservas é aumentada.

Com relação ao acúmulo de Ca, Mg e Zn nas árvores de canteiro gramado, pode ser devido a grande quantidade destes elementos no solo, com a freqüente calagem, e introdução de restos de construções e matéria orgânica feita pelos proprietários das casas em frente as árvores.

Quanto ao fato das árvores frutificadas acumularem mais Cu nas folhas (76 %), LONERAGAN¹⁴ citado por MENGEL & KIRKBY (1987) afirmou que a mobilidade de Cu é fortemente dependente da condição do Cu na planta. Quando a planta é bem suprida com Cu, o movimento deste das folhas para os frutos pode rapidamente ocorrer mas, em plantas deficientes de Cu é relativamente imóvel. Pelos resultados obtidos, constata-se que 76,07 % do Cu das árvores frutificadas foi acumulado nas folhas ao invés de se mover para os frutos, indicando assim, que as árvores não estavam bem supridas de Cu.

Pelas observações feitas em campo, pode-se dizer que a senescência precoce das folhas de acer em algumas árvores, é a forma que a planta encontrou para se ajustar com as pressões do ambiente. Supõe-se que no início da estação de crescimento (primavera), a árvore se utiliza do estoque excedente de nutrientes localizados nos galhos, tronco e raízes, proveniente do ano anterior, reutilizando juntamente com o material absorvido no ano corrente. Assim explica-se seu desenvolvimento e performance exuberante. Com o final do verão, o material estocado, já exaurido juntamente com as pressões das condições ambientais (principalmente o estresse hídrico), determina uma queda na performance da árvore, principalmente na coloração das folhas. Então, nestas condições, a árvore procura se resguardar diminuindo seu metabolismo, para não se debilitar completamente. Corroborando para esta explicação a observação de que as partes mais ensolaradas da copa são as que amarelecem primeiro, mostrando a habilidade de recuo dos nutrientes da árvore para se resguardar de perdas irreversíveis.

¹⁴LONERAGAN, J. F. The availability and adsorption of trace elements in soil-plant systems and their relation to movement and concentrations of trace elements in plants. In: NICOLAS, D. J. D.; EGAN, A. R. *Trace elements in soil-plant animal systems*. London: Academic Press, p.109-134, 1975.

4.7 ANÁLISE DE PIGMENTOS FOLIARES

4.7.1 Acer

A Tabela 40 apresenta as diferenças de concentração de clorofilas e carotenóides em folhas de acer plantados na rua em diferentes condições de plantio.

TABELA 40 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILAS E CAROTENÓIDES (mg. m⁻²) EM FOLHAS DE ACER DE ÁREA PAVIMENTADA E DE CANTEIRO GRAMADO.

	C_a	C_b	Car	C_t	$C_b:C_a$	$C_a:C_b$	$C_t:Car$
Pav.	201a	74a	60a	275a	0,37a	2,72a	4,58a
C. G.	192a	50a	62a	242a	0,26a	3,84a	3,90a

Valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Observa-se na Tabela 40 que as quantidades e proporções da concentração de clorofila e carotenóides não foram alteradas pelas condições de plantio. Embora não significativo, a quantidade de clorofila total foi maior para as árvores de área pavimentada. Este fato pode estar associado com o estado nutricional destas árvores, principalmente na relação dos teores foliares de N:P:K, apresentada na Tabela 41.

Verifica-se na Tabela 41, que a relação dos teores foliares de N:P:K do grupo de árvores de área pavimentada foi maior do que a relação das árvores de canteiro gramado. Supõe-se que tal relação deve ter colaborado para o aumento da concentração de clorofila total, porque esses três elementos são direta e indiretamente envolvidos com os pigmentos, principalmente o N que é um dos componentes da clorofila.

TABELA 41 - RELAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE N:P:K DAS ÁRVORES DE ACER AMOSTRADAS PARA ANÁLISE DE PIGMENTOS.

Árvores	N:P:K
Área Pavimentada	12:1:6
Canteiro Gramado	9:1:6
Parque	14:1:8

A comparação das médias da concentração de clorofilas e carotenóides das árvores de acer de parque com as de área pavimentada e canteiro gramado é apresentada na Tabela 42.

TABELA 42 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILAS E CAROTENÓIDES (mg.m^{-2}) EM FOLHAS DE ACER DE PARQUE COM AS DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.

	C_a	C_b	Car	C_t	$C_b:C_a$	$C_a:C_b$	$C_t:Car$
Parque	231a	89a	62a	320a	0,38a	2,59a	5,16a
Pav.	201b	74b	60a	275b	0,37a	2,79a	4,58a
Parque	231a	89a	62a	320a	0,38a	2,59a	5,16a
C. G.	192b	50b	62a	242b	0,26a	3,84a	3,90a

Pares de valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de T ao nível de 5%.

Na Tabela 42, observa-se que a concentração de clorofila a, clorofila b e clorofila total das árvores de parque foram significativamente diferentes das árvores de área pavimentada e canteiro gramado. A menor concentração de clorofila nas árvores de área pavimentada e canteiro gramado quando comparado com as árvores de parque, pode estar indicando alguma ação do ambiente, como poluição do ar ou outro tipo de estresse ambiental. Há vários autores que tiveram experiências semelhantes com diversos tipos de plantas e que relacionaram tanto com a poluição como outro estresse. MAREK *et al* (1988) verificaram diminuição significativa

do conteúdo de clorofila total nas acículas de *Picea abies* afetadas pelo estresse ambiental; INOUE *et al* (1990) encontraram resultados semelhantes nas folhas de *Ligustrum lucidum* exposto a poluição atmosférica; HOUPIS *et al* (1988) encontraram uma redução do conteúdo de clorofila e carotenóides em acículas de 2 variedades de *Pinus ponderosa* afetadas por concentrações de CO₂. TOMER *et al* (1987) e SUBHASH *et al* (1989) encontraram diminuição do conteúdo de clorofila total e grande redução de clorofila a em folhas de *Raphanus sativus* L. e *Tricali hexaploide* expostas a diferentes concentrações de SO₂. AHMED *et al* (1986) verificaram diminuição do conteúdo de clorofila nas folhas de algumas plantas da região de Karachi-Paquistão, afetadas por poluição proveniente de carros e indústrias. ZAKHARENKO & LUK'YANOVA (1989) verificaram diminuição do conteúdo de clorofila total, clorofilas a e b e carotenóides nas acículas de algumas gymnospermas, na Rússia, afetadas por poluentes de veículos. KUO (1988) e STUHLFAUTH *et al* (1990) não encontraram alteração no conteúdo de carotenóides nas folhas de *Digitalis lanata* submetidas a estresse hídrico.

Observa-se que resultados similares podem ser vistos, conforme a literatura, em diversos tipos de plantas e estresse ambiental.

Associando estes efeitos com o estado nutricional das árvores analisadas, observa-se na Tabela 41, que as árvores de parque apresentaram valores da relação dos teores foliares de N:P:K superior as árvores plantadas na rua. Isto provavelmente deve ter influenciado o aumento do conteúdo de clorofila total e também o menor valor da proporção de clorofila a:b, resultado do maior estímulo do conteúdo da clorofila b. Estes resultados se assemelham com aqueles verificados por INOUE (1993b), que encontrou o mesmo efeito em plantas adubadas com N e Mg.

4.7.2 IPÊ

A tabela 43 apresenta a influência das 3 condições de plantio na rua com a concentração de clorofilas e carotenóides das folhas de ipê.

TABELA 43 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILAS E CAROTENÓIDES (mg. m⁻²) EM FOLHAS DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO, E DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL.

	C_a	C_b	Car	C_t	$C_b:C_a$	$C_a:C_b$	$C_t:Car$
P. Pol.	410b	160a	148b	570b	0,39a	2,55a	3,85a
P. Res.	436ab	179a	152ab	615ab	0,41a	2,43a	4,05a
C. G. R.	500a	174a	170a	674a	0,35a	2,87a	3,96a

Valores em coluna seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Nas árvores de ipê, foi possível encontrar diferenças significativas entre as 3 condições de plantio no meio urbano (Tabela 43). As árvores de canteiro gramado em local residencial apresentaram maiores concentrações de clorofila total, clorofila a e carotenóides, e foram significativamente diferentes das árvores de área pavimentada em local poluído. As menores médias da concentração de clorofila total das árvores de área pavimentada em local poluído podem estar indicando tanto a influência da poluição atmosférica local como as condições de plantio das árvores, ou ainda estes dois fatores juntos.

Na tabela 44 são apresentadas as relações dos teores foliares de N:P:K do ipê em diferentes condições de plantio.

TABELA 44 - RELAÇÃO DOS TEORES FOLIARES DE N:P:K DAS ÁRVORES DE IPÊ AMOSTRADAS PARA ANÁLISE DE PIGMENTOS.

Árvores	N:P:K
Pav. em local Poluído	22:1:10
Pav. em local Residencial	18:1:8
C. G. em local Residencial	16:1:7
Parque	13:1:9

Não foi possível associar os valores da relação dos teores foliares de N:P:K (Tabela 44) com os resultados da concentração de clorofila total. As árvores de área pavimentada em local poluído apresentaram maior relação dos teores foliares de N:P:K por motivos que podem ser relacionados com a poluição atmosférica.

A comparação de médias da concentração de clorofilas e carotenóides em folhas de ipê de parque e de área pavimentada em local poluído, área pavimentada e canteiro gramado em local residencial é apresentada na Tabela 45.

TABELA 45 - COMPARAÇÃO DE MÉDIAS DA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILAS E CAROTENOÍDES (mg.m^{-2}) EM FOLHAS DE IPÊ DE PARQUE COM AS DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO, E DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL.

	C_a	C_b	Car	C_t	$C_b:C_a$	$C_a:C_b$	$C_t:Car$
Parque	314b	147b	126b	460b	0,47a	2,43b	3,63a
P. Pol.	410a	160a	148a	570a	0,39a	2,56a	3,85a
Parque	314b	147b	126b	460b	0,47a	2,43a	3,63a
C. G. R.	500a	174a	170a	674a	0,35a	2,87a	3,96a
Parque	314b	147b	126b	460b	0,47a	2,43a	3,63a
Pav.	436a	179a	152a	615a	0,41a	2,43a	4,05a

Pares de valores em colunas seguidos de mesma letra não diferem entre si pelo teste de T ao nível de 5%.

Observa-se na Tabela 45 que os resultados encontrados para as árvores de ipê ocorreram de forma inversa daqueles encontrados em acer. A concentração de clorofilas e carotenóides das árvores de área pavimentada poluída foram maiores do que as árvores de parque.

Nota-se que os resultados da Tabela 45 são conflitantes com a maioria das bibliografias consultadas e com os resultados encontrados em acer. Verifica-se que a concentração de clorofilas e carotenóides de ipê de parque foram menores em relação a todas as categorias de árvores plantadas em rua. Seguindo a mesma linha de considerações adotadas na análise das árvores de acer, estes resultados deveriam ser de forma inversa, já que o ambiente das árvores de parque foi considerado testemunha (com menor possibilidade de estresse ambiental).

O menor valor de nitrogênio (Tabela 44) das árvores de parque pode justificar o menor valor da concentração de clorofila total. O mesmo não se aplica com as árvores de área pavimentada em local poluído.

Quanto aos outros parâmetros, a concentração de carotenóides e as proporções de clorofilas **a:b** , **b:a** e clorofila total e carotenóides não discutidas ainda, também são parâmetros contraditórios e polêmicos. BORGES *et al* (1992), analisando os pigmentos foliares da *Tabebuia alba* e *Pittosporum undulatum*, constataram que árvores estressadas têm maiores concentrações de clorofila total e menor teor de carotenóides; e altos valores na relação b:a indicam que as árvores estão localizadas em ambientes poluídos.

5 CONCLUSÕES

1 - Com a análise dos parâmetros de vigor qualitativos não foi possível discernir o padrão superior e inferior das árvores de acer e ipê, assim como as condições de plantio.

2 - Na análise dos parâmetros de vigor quantitativos das árvores de acer, o diâmetro de copa, peso de cem folhas e área foliar diferenciaram o padrão superior e inferior, condições de plantio, e estadio fenológico das árvores; enquanto que para as árvores de ipê, os parâmetros diâmetro de copa, perímetro a altura do peito e alongação dos ramos distinguiram o padrão superior e inferior e o perímetro a altura do peito distinguiu as condições de plantio.

3 - O solo urbano das duas espécies estudadas, através da análise química, foi caracterizado como potencialmente fértil.

4 - A análise química foliar das árvores de acer não possibilitou diferenciar o padrão superiores do inferior, os teores de K, Ca, Mg e Cu comprovaram a influência da frutificação na composição química foliar e os teores de P, Mn e Cu diferenciaram as árvores de área pavimentada das árvores de canteiro gramado.

5 - A análise química foliar das árvores de ipê permitiu diferenciar padrão superior do inferior através dos teores de P e Zn e diferenciou as três condições de plantio através dos teores de Cu e Zn.

6 - Houve um grande número de correlações significativas entre os parâmetros de vigor, composição química foliar e caracteres físicos e químicos do solo para as duas espécies, podendo se considerar entre as mais importantes: diâmetro de copa com perímetro a altura do

peito; peso de cem de folhas com área foliar; perímetro a altura do peito e diâmetro de copa com pH e saturação de base; potássio foliar com potássio do solo e fósforo foliar com fósforo do solo.

7 - Todas as categorias de árvores de acer e ipê amostradas apresentaram a relação dos teores foliares de N:P:K acima da relação ótima estabelecida por BINNS *et al* (1983).

8 - O peso de cem folhas foi um bom parâmetro para caracterizar a senescência das folhas de acer; os elementos N, P, K foram considerados móveis e Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, e Al foram considerados elementos imóveis; o Zn nas folhas senescentes das árvores inferiores indicou que a mobilidade deste elemento depende de sua concentração nas folhas; o acer mostrou ser uma espécie eficiente na reutilização dos nutrientes N, P e K no meio urbano.

9 - As árvores de acer plantadas em local menos sujeito à poluição do ar demonstraram ser capazes de manter uma concentração mais elevada de pigmentos, enquanto que o inverso pôde ser observado em ipê; as condições de plantio no meio urbano não interferiram na concentração de pigmentos foliares de acer, não acontecendo o mesmo em ipê; as condições ambientais de local residencial e canteiro gramado propiciaram que árvores de ipê mantivessem uma concentração elevada de pigmentos foliares.

10 - A caracterização do estado nutricional das árvores de acer e ipê no ambiente urbano, está associada as modificações do solo e da atmosfera local proveniente do processo de urbanização da cidade.

11 - A metodologia aplicada para a caracterização do estado nutricional das duas espécies foi eficiente para os padrões da arborização da cidade de Curitiba.

ANEXOS

ANEXOS 1

**MÉDIA E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS CARACTERES QUÍMICOS E
FÍSICOS DOS SOLOS UTILIZADOS PELAS ÁRVORES DE ACER E IPÊ**

ANEXO 1A - MÉDIA E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS CARACTERES QUÍMICOS E FÍSICOS DOS SOLOS UTILIZADOS PELAS ÁRVORES SUPERIORES (URBANO 1) E INFERIORES (URBANO 2) DE ACER.

	URBANO 1		URBANO 2	
	MÉDIA	C. V. (%)	MÉDIA	C. V. (%)
CARACTERES QUÍMICOS				
pH (CaCl ₂)	6,0	7,8	5,5	5,7
Al ⁺³ (meq/100cm ³)	0	0	0	0
H+Al (meq/100cm ³)	3,8	26,8	4,6	18,5
Ca ⁺² (meq/100cm ³)	10,6	19,6	8,8	31,7
Mg ⁺² (meq/100cm ³)	4,2	33,8	3,1	25,6
K ⁺ (meq/100cm ³)	0,53	46,72	0,42	39,23
T (meq/100cm ³)	19,2	12,8	16,9	17,3
P (µg/g)	25,1	83,1	22,9	109,4
M.O. (%)	6,0	18,0	5,1	15,8
m (%)	0	0	0	0
V (%)	79,3	8,8	71,5	11,8
CARACTERES FÍSICOS				
Areia (%)	39	14,5	37	11,3
Silte (%)	29	9,4	26	11,1
Argila (%)	33	14,7	36	12,5

ANEXO 1B - MÉDIA E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS CARACTERES QUÍMICOS E FÍSICOS DOS SOLOS UTILIZADOS PELAS ÁRVORES INFERIORES E SUPERIORES PLANTADAS NA RUA (URBANO) E PARQUE.

	URBANO		PARQUE	
	MÉDIA	C. V. (%)	MÉDIA	C. V. (%)
CARACTERES QUÍMICOS				
pH (CaCl ₂)	5,8	7,9	5,0	16,1
Al ⁺³ (meq/100cm ³)	0	0	0,8	75,4
H+Al (meq/100cm ³)	4,1	25,2	8,0	18,4
Ca ⁺² (meq/100cm ³)	10,0	24,8	4,1	38,4
Mg ⁺² (meq/100cm ³)	3,8	34,9	2,5	34,0
K ⁺ (meq/100cm ³)	0,49	46,15	0,28	66,80
T (meq/100cm ³)	18,4	15,2	14,9	14,0
P (µg/g)	24,4	90,9	3,6	108,0
M.O. (%)	5,7	18,8	5,3	17,3
m (%)	0	0	11,8	77,1
V (%)	76,7	10,9	45,4	24,5
CARACTERES FÍSICOS				
Areia (%)	38	13,0	36	9,8
Silte (%)	27	12,4	26	14,5
Argila (%)	35	15,1	38	15,6

ANEXO 1C - MÉDIA E COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DOS CARACTERES QUÍMICOS E FÍSICOS DOS SOLOS UTILIZADOS PELAS ÁRVORES DE IPÊ PLANTADAS NA RUA (URBANO) E PARQUE.

	URBANO		PARQUE	
	MÉDIA	C. V. (%)	MÉDIA	C. V. (%)
CARACTERES QUÍMICOS				
pH (CaCl ₂)	6,1	7,5	4,5	4,9
Al ⁺³ (meq/100cm ³)	0	0	1,4	64,4
H+Al (meq/100cm ³)	3,6	36,8	9,3	14,1
Ca ⁺² (meq/100cm ³)	10,0	24,4	2,9	41,4
Mg ⁺² (meq/100cm ³)	3,5	22,2	2,2	33,4
K ⁺ (meq/100cm ³)	0,50	39,1	0,20	39,52
T (meq/100cm ³)	17,5	17,2	14,6	15,1
P (µg/g)	10,2	72,8	1,7	50,5
M.O. (%)	4,6	24,9	5,0	28,6
m (%)	0	0	22,0	67,3
V (%)	79,6	8,8	35,6	26,1
CARACTERES FÍSICOS				
Areia (%)	35	22,7	38	14,4
Silte (%)	28	9,3	28	6,2
Argila (%)	36	20,4	34	15,0

ANEXOS 2

**CORRELAÇÕES ENTRE PARÂMETROS DE VIGOR, COMPOSIÇÃO QUÍMICA
FOLIAR E CARACTERES QUÍMICOS E FÍSICOS DOS SOLOS UTILIZADOS
PELAS ÁRVORES DE ACER E IPÊ.**

ANEXO 2A - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS DE VIGOR E A COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER DE ÁREA PAVIMENTADA E CANTEIRO GRAMADO.

CANTEIRO GRAMADO						ÁREA PAVIMENTADA					
Árvores Superiores			Árvores Inferiores			Árvores Superiores			Árvores Inferiores		
Correlação	Coef.		Correlação	Coef.		Correlação	Coef.		Correlação	Coef.	
PAP	DCo	0,36	DCo	AF	0,49	PAP	DCo	0,59	PAP	Ca	-0,46
DCo	Mg	0,39	PCF	ER	0,70	PAP	ER	-0,41	PCF	ER	0,77
PAP	N	0,46	PCF	AF	0,50	PAP	P	0,43	PCF	AF	0,71
PAP	Fe	0,40	PCF	Ca	-0,54	ER	AF	0,64	PCF	Fe	-0,47
PCF	PAP	-0,35	PCF	Fe	-0,50	PCF	ER	0,72	PCF	Al	-0,53
PCF	AF	0,39	PAP	Ca	-0,49	PCF	AF	0,72	ER	Mn	0,50
PCF	N	-0,52	PAP	Mn	-0,65	PCF	Ca	-0,41	PR	N	-0,51
PCF	P	-0,52	ER	Cu	0,53	PCF	Mg	-0,39	PR	Mn	-0,55
PCF	Ca	-0,71	PR	N	-0,53	PR	N	-0,39	PR	Cu	-0,51
PCF	Mg	-0,60	AF	Fe	-0,68	PR	P	-0,49	-	-	-
PCF	Fe	-0,65	AF	Mn	0,53	PR	Zn	-0,37	-	-	-
PCF	Mn	-0,43	N	P	0,60	PR	Cu	-0,39	-	-	-
ER	AF	0,46	-	-	-	N	Cu	0,46	-	-	-
ER	K	0,37	-	-	-	N	Ca	0,46	-	-	-
PG	N	-0,36	-	-	-	P	Ca	0,50	-	-	-
PG	Al	-0,44	-	-	-	P	Cu	0,51	-	-	-
N	Ca	0,58	-	-	-	Mg	Ca	0,77	-	-	-
N	Fe	0,53	-	-	-	Mg	Zn	0,48	-	-	-

Continua...

Continuação

N	Cu	0.40	-	-	-	Zn	Cu	0.45	-	-	-
N	Zn	0.46	-	-	-	Al	Mg	0.65	-	-	-
P	Ca	0,67	-	-	-	Al	Mn	-0.37	-	-	-
P	Mg	0.45	-	-	-	Al	Fe	0.65	-	-	-
P	Fe	0.70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	Cu	0.51	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	Zn	0.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	Al	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	Fe	0.62	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	Zn	0.54	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	Al	0.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	Fe	0.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	Zn	0,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	Al	0.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	Zn	0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	Al	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Correlações significativas ao nível de 5%.

ANEXO 2B - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS DE VIGOR, COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR E CARACTERES DO SOLO UTILIZADO PELAS ÁRVORES DE ACER DE PARQUE.

P. VIGOR x C. Q. FOLIAR			P. VIGOR x C. SOLO			C. Q. FOLIAR x C. SOLO		
Correlação		Coef.	Correlação		Coef.	Correlação		Coef.
DCo	PCF	0.54	PAP	K ⁺	0.71	N	K ⁺	-0.65
DCo	ER	0.75	PCF	K ⁺	-0.58	N	Areia	-0.58
DCo	N	0.59	ER	K ⁺	-0.74	Mg	P	-0.52
DCo	P	0.53	ER	Argila	0.60	Fe	K ⁺	-0.61
PAP	PCF	-0.62	PR	K ⁺	0.70	-	-	-
PAP	AF	-0.72	PR	Ca ⁺²	0.73	-	-	-
PAP	Fe	-0.67	PR	Mg ⁺²	0.80	-	-	-
PCF	ER	0.77	PR	T	0.74	-	-	-
PCF	AF	0.85	PR	P	0.66	-	-	-
PCF	Zn	0.55	PR	m	-0.65	-	-	-
ER	PR	-0.56	PR	V	0.60	-	-	-
ER	AF	0.76	PR	Al ⁺³	0.61	-	-	-
ER	N	0.75	PR	M.O.	0.72	-	-	-
ER	Fe	0.76	-	-	-	-	-	-
ER	Zn	0.55	-	-	-	-	-	-
AF	Fe	0.63	-	-	-	-	-	-
AF	Zn	0.53	-	-	-	-	-	-
N	P	0.82	-	-	-	-	-	-
N	Fe	0.73	-	-	-	-	-	-
N	Mn	0.52	-	-	-	-	-	-

Continua...

Continuação

N	Zn	0.64	-	-	-	-	-	-
K	Mg	-0.53	-	-	-	-	-	-
K	Mn	-0.57	-	-	-	-	-	-
Ca	Mg	0.60	-	-	-	-	-	-
Ca	Fe	0.58	-	-	-	-	-	-
Ca	Cu	0.54	-	-	-	-	-	-
P	Mn	0.54	-	-	-	-	-	-
P	Zn	0.54	-	-	-	-	-	-
Mn	Cu	0.61	-	-	-	-	-	-
Mn	Zn	0.62	-	-	-	-	-	-
Fe	Zn	0.53	-	-	-	-	-	-
Fe	Al	0.62	-	-	-	-	-	-
Cu	Zn	0.56	-	-	-	-	-	-

Correlações significativas ao nível de 5%.

ANEXO 2C - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS DE VIGOR, COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR E CARACTERES DO SOLO UTILIZADO PELAS ÁRVORES DE IPÊ DE PARQUE.

P. VIGOR x C. Q. FOLIAR			P. VIGOR x C. SOLO			C. Q. FOLIAR x C. SOLO		
Correlação		Coef.	Correlação		Coef.	Correlação		Coef.
DCo	PAP	0.94	DCo	Al ⁺³	0.56	P	P	0.73
DCo	PCF	0.57	DCo	P	0.58	K	Silte	0.67
DCo	ER	-0.77	DCo	Areia	-0.65	Ca	P	0.67
DCo	PG	0.59	DCo	Argila	0.72	Fe	Argila	0.68
DCo	P	0.58	PAP	P	0.68	Mn	P	0.64
DCo	K	-0.56	PAP	Areia	-0.55	Mn	Argila	0.63
DCo	Ca	0.59	PAP	Argila	0.68	Al	Silte	-0.53
DCo	Mn	0.58	ER	Areia	0.77	-	-	-
PAP	ER	-0.75	PG	Areia	-0.63	-	-	-
PAP	PG	0.60	PG	Silte	-0.54	-	-	-
PAP	P	0.59	PG	Argila	0.88	-	-	-
PAP	K	-0.63	PCF	Argila	0.59	-	-	-
PAP	Ca	0.73	-	-	-	-	-	-
PAP	Fe	0.57	-	-	-	-	-	-
PAP	Mn	0.76	-	-	-	-	-	-
PCF	PG	0.68	-	-	-	-	-	-
PCF	Ca	0.56	-	-	-	-	-	-
ER	PG	-0.79	-	-	-	-	-	-
ER	Fe	-0.75	-	-	-	-	-	-
ER	Mn	-0.67	-	-	-	-	-	-

Continua...

Continuação

ER	Al	-0.56	-	-	-	-	-	-
PG	N	-0.57	-	-	-	-	-	-
PG	K	-0.59	-	-	-	-	-	-
PG	Ca	0.62	-	-	-	-	-	-
PG	Fe	0.79	-	-	-	-	-	-
PG	Mn	0.75	-	-	-	-	-	-
PG	Al	0.70	-	-	-	-	-	-
AF	N	0.63	-	-	-	-	-	-
AF	Al	-0.55	-	-	-	-	-	-
N	Mg	0.56	-	-	-	-	-	-
N	Fe	-0.69	-	-	-	-	-	-
N	Mn	-0.61	-	-	-	-	-	-
N	Al	-0.73	-	-	-	-	-	-
K	Ca	-0.68	-	-	-	-	-	-
Ca	Fe	0.55	-	-	-	-	-	-
Ca	Mn	0.73	-	-	-	-	-	-
Fe	Mn	0.89	-	-	-	-	-	-
Fe	Al	0.94	-	-	-	-	-	-
Mn	Al	0.83	-	-	-	-	-	-
Cu	N	0.64	-	-	-	-	-	-
Cu	P	0.62	-	-	-	-	-	-
Cu	Mg	0.60	-	-	-	-	-	-
Zn	N	0.69	-	-	-	-	-	-
Zn	K	0.64	-	-	-	-	-	-
Zn	Cu	0.71	-	-	-	-	-	-

Correlações significativas ao nível de 5%.

ANEXO 2D - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS PARÂMETROS DE VIGOR E COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE IPÊ DE ÁREA PAVIMENTADA EM LOCAL POLUÍDO, PAVIMENTADA E DE CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL.

PAV.EM LOCAL POLUÍDO						LOCAL RESIDENCIAL					
Árvores Superiores			Árvores Inferiores			Área Pavimentada			Canteiro Gramado		
Correlação		Coef.	Correlação		Coef.	Correlação		Coef.	Correlação		Coef.
DCo	Mg	-0,38	AF	Cu	-0,54	PCF	Cu	0,44	PAP	N	0,41
DCo	PAP	0,70	PCF	ER	0,60	DCo	PAP	0,70	DCo	Mg	0,38
DCo	PCF	0,38	PR	Mn	0,54	PCF	ER	0,37	DCo	Cu	-0,45
DCo	Ca	-0,42	PR	Cu	0,66	PCF	AF	0,51	PAP	AF	0,47
DCo	Fe	-0,42	N	P	0,61	ER	PG	-0,59	PAP	Fe	-0,33
DCo	Al	-0,47	N	Al	-0,51	ER	AF	0,34	PAP	Cu	-0,52
PAP	PCF	0,37	P	K	-0,52	N	Ca	-0,47	PAP	Al	-0,32
PAP	Ca	-0,45	K	Ca	-0,51	N	Fe	-0,59	PCF	ER	0,70
PAP	Mg	-0,45	K	Mg	-0,79	N	Cu	-0,53	PCF	PR	-0,34
PAP	Al	-0,38	Ca	Mg	0,60	N	Al	-0,58	PCF	AF	0,62
ER	PCF	0,46	Mg	Cu	-0,52	P	Mn	-0,35	PCF	K	-0,36
ER	PR	-0,38	Fe	Cu	0,64	K	Ca	-0,35	PCF	Cu	-0,43
PCF	AF	0,55	Fe	Zn	0,68	K	Al	-0,38	ER	PR	-0,48
PCF	N	0,39	Fe	Al	0,98	Ca	Fe	0,56	ER	AF	0,46
AF	N	0,39	-	-	-	Ca	Cu	0,59	ER	Cu	-0,34
AF	P	0,36	-	-	-	Ca	Zn	0,42	PG	Ca	-0,36
PAP	K	0,50	-	-	-	Ca	Al	-0,62	AF	N	0,33

Continua...

Continuação

PR	Fe	0.38	-	-	-	Fe	Cu	0.47	AF	Cu	-0.57
N	Al	-0.44	-	-	-	Fe	Al	0.91	-	-	-
K	N	0.44	-	-	-	Cu	Zn	0.55	-	-	-
K	Ca	-0.43	-	-	-	Cu	Al	0.44	-	-	-
K	Mg	-0.54	-	-	-	Zn	Al	0.40	-	-	-
Ca	Mg	0.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	Zn	0.44	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	Al	0.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	N	-0.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	Ca	0.37	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	Zn	0.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	Al	0.97	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	Fe	0.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	Zn	0.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cu	Al	0.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zn	Al	0.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Correlações significativas ao nível de 5%.

ANEXO 2E - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS CARACTERES DO SOLO, PARÂMETROS DE VIGOR E COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES SUPERIORES E INFERIORES DE ACER DE CANTEIRO GRAMADO.

P. VIGOR x C. SOLO						C. Q. FOLIAR x C. SOLO					
Árvores Superiores			Árvores Inferiores			Árvores Superiores			Árvores Inferiores		
Correlação	Coef.		Correlação	Coef.		Correlação	Coef.		Correlação	Coef.	
DCo	pH	0.60	PAP	pH	0,51	N	Ca ⁺²	0.35	Zn	K ⁺	0.74
DCo	H+Al	-0.54	PAP	H+Al	-0.61	N	T	0.37	Cu	M.O.	0.60
DCo	Ca ⁺²	0.60	PAP	Mg ⁺²	0.51	N	Silte	-0.56	-	-	-
DCo	Mg ⁺²	0.49	PAP	V	0.62	P	Areia	0.35	-	-	-
DCo	T	0.55	PCF	M.O.	0.55	P	Silte	-0.37	-	-	-
DCo	V	0.65	ER	M.O.	0.64	K	K ⁺	0.51	-	-	-
DCo	Argila	0,36	PR	K ⁺	0,66	Mn	P	0.38	-	-	-
PAP	pH	0,49	PR	P	055	Cu	H+Al	-0.35	-	-	-
PAP	H+Al	-0.42	-	-	-	Cu	Areia	0.41	-	-	-
PAP	Mg ⁺²	0.41	-	-	-	Cu	Silte	-0.46	-	-	-
PAP	V	0.44	-	-	-	Al	Areia	0.38	-	-	-
PAP	Silte	-0.36	-	-	-	Al	Argila	-0.40	-	-	-

Correlações significativas ao nível de 5%.

ANEXO 2F - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE OS CARACTERES DO SOLO, PARÂMETROS DE VIGOR E COMPOSIÇÃO QUÍMICA FOLIAR DAS ÁRVORES DE IPÊ DE CANTEIRO GRAMADO EM LOCAL RESIDENCIAL.

C. Q. Foliar x C. Solo			P. Vigor x C. Solo		
Correlação	Coef.		Correlação	Coef.	
K	T	0,39	D _{Co}	P	0,41
Ca	Silte	0,41	D _{Co}	Areia	0,41
Mg	P	0,36	D _{Co}	Argila	-0,41
Fe	Silte	0,39	PAP	P	0,43
Mn	pH	0,56	-	-	-
Mn	H+Al	-0,43	-	-	-
Mn	V	0,52	-	-	-
Cu	Silte	0,38	-	-	-
Zn	Silte	0,46	-	-	-
Al	Ca ⁺²	-0,38	-	-	-
Al	T	-0,37	-	-	-
Al	Silte	0,55	-	-	-

Correlações significativas ao nível de 5%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, S.; ISMAIL, F.; MAJEED, J. Effect of atmospheric pollution on chlorophyll and protein contents of some plants growing in Karachi region. **Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 29, n. 6, p. 464-467, 1986. **Review of Plant Pathology**, v. 67, Ref. 01166, 1988. Resumo.
- ALDRICH, S. R. Plant analysis: problems and opportunities. In: WALSH, L.M.; BEATON, I. D.(ed.). **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Soc. Amer, 1973. Cap.14, p. 213-221.
- ANDRESEN, J. W. Selection of trees for endurance of high temperatures and artificial lights in urban areas. In: SANTAMOUR Jr, F. S.; GERHOLD, H. D.; LITTLE, S. **Better trees for metropolitan landscapes**. Washington: USDA Forest Service, 1975. p.67-76.
- AWAD, M.; CASTRO, P. R. C. **Introdução à fisiologia vegetal**. São Paulo: Nobel, 1983. 177p.
- BABALOLA, O.; BOERSMA, L.; YOUNGBUG, C. T. Photosynthesis and transpiration of Monterrey pine seedlings as a function of soil water suction and soil temperature. **Plant Physiol.**, Bethesda, v. 43, p. 515-521, 1968.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, F.R. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. 330p.
- BASSUK, N.; WHITLOW, T. Environmental stress in street trees. **Arboric. J.**, Biscester, v.12, p. 195-201, 1988.
- BAYENS, J. **Nutricion de las plantas de cultivo**. Madrid: Editorial Lemos, 1970. 631p.
- BELLOTE, A. F. J. **Nährelementversorgung und Wuchsleistung von gedüngten *Eucalyptus grandis* - Plantagem im Cerrado von São Paulo (Brasilien)**. Freiburger, 1990. 159 p. Tese (doutorado) Bodenkundliche Abhandlungen, Freiburg Helft 26.
- BERNATZKY, A. **Tree Ecology and Preservation**, 2: ed. Amsterdam: Elsevier, 1980. 357p.
- BERNATZKY, A. The effects of tree on the urban climate. In: **Trees in the 21 st century**. Oxford: AB Academic Publ., 1983, p. 59-75.
- BERRANG, P.; KARNOSKY, D. F.; STANTON, B. J. Environmental factors affecting tree health in New York city. **J. Arboric.**, Urban, v. 11, n. 6, p.185-189, 1985.

- BICKELHAUPT, D. H.; RUSSEL L.; TARBET, D. D.; LEAF, A. L. Seasonal weather regimes influence interpretation of *Pinus resinosa* foliar analysis. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v. 43, p.417-420, 1979.
- BINKLEY, D. **Forest nutrition management**. New York: J. Wiley. 1986. 290p.
- BINNS, W. O.; INSLEY, H.; GARDINER, B. H. Nutrition of broadleaved amenity trees: Foliar sampling and analysis for determining nutrient status. **Arboriculture Research Note** 50/83/SSS. Farnham, Arboriculture Advisory & Information Officer - Forest Research Station, 1983.
- BIONDI, D.; REISSMANN, C. B. Estudo de amostragem para a análise química foliar do dedaleiro (*Lafoensia pacari* St. Hill) na arborização urbana. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS (2: 1992: São Paulo). **Anais**. São Paulo: **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, parte 2 (Edição especial), p. 601-604, 1992.
- BIONDI, D.; REISSMANN, C. B. Considerações importantes sobre o solo urbano e sua influência no vigor das árvores. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7: 1993: Curitiba); CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO (1: 1993: Curitiba). **Anais**. Curitiba: SBS-SBEF, 1993, p.29-31.
- BORGES, M.; ANDRADE, T. J.; JANKOWSKI, A.; FERREIRA, E. B.; INOUE, M. T. Pigmentos foliares em *Tabebuia alba* e *Pittosporum undulatum* como bioindicadores da poluição urbana. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS (2: 1992: São Paulo). **Anais**. São Paulo: **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, parte 3 (Edição especial), p. 778-781, 1992.
- BOXMA, R. Bicarbonate as the most import soil factor in lime-induced chlorosis in the Netherlands. **Plant Soil**, The Hague, v. 37, p. 233-243, 1972.
- BRUCE, R. R. The response of urban trees to abiotic stress. **J. Arboric.**, Urban, v. 3, n. 4, p. 75-78, 1977.
- CATHEY, H. M.; CAMPBELL, L. E. Security lighting and its impact on the landscape. **J. Arboric.**, Urban, v. 1, n. 10, p. 184, 1975.
- COMPANHIA ENERGETICA DE SÃO PAULO - CESP. **Guia de arborização**. 3: ed. 33p.(coleção Ecossistemas terrestres, 006).
- CLARKSON, D. T. Factors affecting mineral nutrient acquisition by plants. **Annu. Rev. Plant Physiol.**, Palo Alto, v. 36, p. 77-115, 1985.
- CLARKSON, D. T.; SANDERSON, J. Sites of absorption and translocation of iron in barley roots-tracer and microautoradiographic studies. **Plant Physiol.**, Bethesda, v. 61, p. 731-736, 1978.
- CLARKSON, D. T.; HANSON, J. B. The mineral of higher plants. **Annu. Rev. Plant Physiol.**, Palo Alto, v. 31, p. 239-298, 1980.

- COLDERICK, S.M.; HODGE, S.J. A study of urban trees. In: HODGE, S.J. (Ed.) **Research for practical arboriculture**. London: HMSO, 1991. p.63-73 (Bulletin Forest Commission, n. 97, 1991).
- CORNIC, G. Interaction between sublethal pollution by sulphur dioxide and drought stress. The effect on photosynthetic capacity. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 71, n. 1, p. 115-119, 1987.
- COWLING, E. B. Pollutants in the air and acids in the rain. **J. Arboric., Urban**, v. 13, n. 3, p. 70-77, 1987.
- CRAUL, P.J. A description of urban soils and their desired characteristics. **J. Arboric., Urban**, v. 11, n. 11, p. 330-339, 1985.
- CRAUL, P. J. The nature of urban soils: their problems and future. **Arboric. J.**, Biscester, v. 18, p. 275-287, 1994a.
- CRAUL, P. J. Soil compaction on heavily used sites. **J. Arboric., Urban**, v. 20, n. 2, p. 69-74, 1994b.
- CUTTER, E. G. **Anatomia vegetal**. Parte II - Órgãos, experimentos e interpretação. São Paulo: Roca, 1987. 336p.
- DAVIS, D.D.; GERHOLD, H.D. 1976. Selection of trees for tolerance of air pollutants. In: SANTAMOUR Jr, F. S.; GERHOLD, H. D.; LITTLE, S. **Better trees for metropolitan landscapes**. Washington: USDA Forest Service, 1975. p.61-66.
- DOCHINGER, L.S. Can trees clean the air of particulate pollutants? **Intern. Shade Tree Conf. Proc.**, v. 48, p.45-48, 1972.
- DYER, S.M.; MADER, D.L. Declined urban sugar maples: growth patterns, nutritional status and site factors. **J. Arboric., Urban**, v.12, n. 1, p. 6-13. 1986.
- ELLIS, R. C. Sampling deciduous broadleaved trees of the determination of leaf weight and foliar elemental concentrations. **Can. J. For. Res.**, Ottawa, v. 5, p. 310-317, 1975.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1979.
- EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas**. Princípios e perspectivas. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975. 341p.
- EVANS, G. C. **The quantitative analysis of plant growth**. Berkeley: University of California Press, 1972. 734p.
- FELLEK, M.; LOURENÇO, M. F.; MOTA, M. S. S.; LISBOA, R. S. **Análise nutricional de espécies nativas**. Trabalho apresentado na disciplina de Nutrição Florestal da UFPR, Curitiba. 18p. 1991.

- FOSTER, R.S. Desirable traits for city trees. In: MEETING OF THE CANADIAN TREE IMPROVEMENT ASSOCIATION (16.: 1977: Manitoba); SYMPOSIUM ON THE CONTRIBUTION OF FOREST GENETICS TO THE URBAN ENVIRONMENT (1977: Manitoba). **Proceedings**. Manitoba, 1977. p. 21-26.
- FREESE, F. **Elementary statistical methods for foresters**. Washington: U.S.D.A. Forest Service, 1967. 87p. (Agriculture Handbook; n. 317).
- FUNK, R.; PETERSON, W. Nutrition treatments for sugar maple decline. **J. Arboric., Urban**, v. 6, n. 5, p. 124-129, 1980.
- GALVÃO, F. Micotrofia e nutrição das árvores. In: ANDRAE, F.H. **Ecologia Florestal**. Santa Maria: UFSM. Centro de Ciências Rurais, Depto de Ciências Florestais, 1978. p.139-146.
- GAUCH, H. G. **Inorganic plant nutrition**. New York: J. Wiley, 1972. 488p.
- GILBERTSON, P.; BRADSHAW, A. D. Tree survival in cities: the extent and nature of the problem. **Arboric. J.**, Bicester, v. 9, p. 131-142, 1985.
- GILBERTSON, P.; KENDLE, A. D.; BRASDSHAW, A. D. Root growth and problems of trees in urban and industrial areas. In: PATCH, D. **Advances in practical arboriculture** London: HMSO, 1985, p. 59-66. (Bulletin Forestry Commission; n. 65).
- GOOD, J. E. G. Air pollution and tree health in relation to arboriculture. In: HODGE, S. J. (Ed.) **Research for practical arboriculture**. London: HMSO, 1991. p. 107-119. (Bulletin Forest Commission; n. 97).
- GODO, G. H.; REISENAUER, H. M. Plant effects on soil manganese availability. **Soil Sci. Am. J.**, Madison, v. 44, p. 993-995, 1980.
- GRAVES, W. R. Urban soil temperatures and their potencial impact on tree growth. **J. Arboric., Urban**, v. 20, n. 1, p. 24-27. 1994.
- GREGORY, R. P. F. **Biochemistry of photosynthesis**. 2: ed. London: J. Wiley, 1971. 221p.
- GREY, G.M.; DENEKE, F.J. 1978. **Urban Forestry**. New York: J. Wiley, 1978. 279p.
- GRIMME, J. P.; HODSON, J. G. An investigation of the ecological significance of lime-chlorosis by means of large-scale comparative experiments. In: RORISON, I. H.; BRADSHAW, A. P.; CHADWICK, M. J.; JEFFERIES, R. L.; JENNINGS, D. H.; TINKER, P. B. **Ecological aspects of the mineral nutrition of plants**. Oxford: Blackwell Scintific Publications, 1968. p. 67-99.
- GROSS, K. Effects of long-term water stress on net photosynthesis, growth and water-use efficiency of conifers in the field. **Ann. Sci. For.**, Nancy, v. 46 (suppl.), p. 411-415, 1989.

- GUHA, M. M.; MITCHELL, R. L. The trace and major element composition of the leaves of some deciduous trees. **Plant Soil**, The Hague, v. 24, p. 90-112, 1966.
- HARDT, L. P. A. **Subsídios ao planejamento de sistemas de áreas verdes baseado em princípios de ecologia urbana: aplicação a Curitiba-PR**. Curitiba, 1994. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, UFPR. 207p.
- HARRIS, R. W. **Arboriculture** - integrated management of landscape trees, shrubs, and vines. 2:ed. New Jersey: Prentice Hall, 1992. 674p.
- HASENACK, H. O clima das cidades. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA (1: 1985:Porto Alegre). **Anais**. Porto Alegre. 1985. p.47-50.
- HEART, R. L. Initial events in injury to plants by air pollutants. **Annu. Rev. Plant Physiol.**, Palo Alto, v. 31, p. 395-490, 1980.
- HEISLER, G.M. Trees and human confort in urban areas. **J. Forestry**, Washington, v. 72, n. 8, p. 462-469, 1974.
- HELLIWELL, D. R. The growth and changes in soil moisture - 1. effects of changing water levels in the soil. **Arboric. J.**, Biscester, v. 7, n. 2, p. 93-100, 1983.
- HELLIWELL, D. R. The extent of tree roots. **Arboric. J.**, Biscester, v. 10, p. 341-347, 1986.
- HELLIWELL, D. R. Tree roots and the stability of trees. **Arboric. J.**, Biscester, v. 13, p. 243-248, 1989.
- HILDEBRAND, C.; REISSMANN, C. B.; HILDEBRAND, E. E. **Manual de análise química de solo e foliar** para técnicos de laboratório. Curitiba: UFPR, 1976. (mimeografado).
- HILL, J. The remobilization of nutrients from leaves. **J. Plant. Nutr.**, Prague, v. 2, p. 407-444, 1980.
- HIMELICK, E.B. Disease stress of urban trees. In: SANTAMOUR Jr, F. S.; GERHOLD, H. D.; LITTLE, S. **Better trees for metropolitan landscapes**. Washington: USDA Forest Service, 1975. p.113-126.
- HIMELICK, E. B.; HIMELICK, K. J. Systemic Treatment for chlorotic trees. **Arboric. J.**, Biscester, v.6, n. 7, p. 192-196, 1980.
- HODGE, S. J. The effect of stem nutrient injection and compressed air siol injection on the performance of established amenity trees. **J.Arboric.**, Urban, v. 17, n. 3 p. 287-300, 1993.

- HODGE, S. J.; BOSWELL, R. A study of the relationship between site conditions and urban tree growth. **J. Arboric., Urban**, v. 19, n. 6, p. 358-366, 1993.
- HODGE, S. J.; KNOTT, K. A practical guide to the use of steel rods for the assessment of aeration in urban soils. **J. Arboric., Urban**, v. 19, n. 5, p. 289-294, 1993.
- HOUPIIS, J. L. J.; SURANO, K. A.; COWLES, S.; SHINN, J. H. Chlorophyll and carotenoid concentrations in two varieties of *Pinus ponderosa* seedlings subjected to long-term elevated carbon dioxide. **Tree Physiology**, v. 4, n. 2, p. 187-193, 1988. **Forestry Abstracts**, v. 50, Ref. 04535. Resumo.
- HOUSTON, D. R. Dieback and declines of urban trees. **J. Arboric., Urban**, v. 11, n.3, p. 65-69, 1985.
- HUDLER, G. W.; BEALE, M. A. Anatomical features of girdling root injury. **J. Arboric., Urban**, v.7, n. 2, p.29-32, 1981.
- HUNT, B.; WALMSLEY, T. J.; BRADSHAW, A. D. Importance of physical conditions for urban tree growth. In: HODGE, S. J. (Ed.). **Research for practical arboriculture**. London: HMSO, 1991, p. 51-62. (Bulletin Forest Commission; n. 97).
- HZUMI, S. The urban vegetation of Tokyo and Sendai, Japan. In: HOLZNER, W.; WERGER, M. J. A.; IKSINA, I. **Man's impact on vegetation**. Boston: Dr. W. Junk Publishers, 1983. p.335-340.
- IBGE. **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro, v.2, 1990. 420p.
- INOUE, M. T. **Determinação de pigmentos foliares**. Curitiba: UFPR, 1993a. (Notas das práticas em Ecofisiologia Florestal).
- INOUE, M. T. Efeito persistente da adubação com nitrogênio e magnésio sobre o conteúdo de pigmentos em acículas de *Picea abies*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (7: 1993: Curitiba); CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO (1:1993: Curitiba). **Anais**. Curitiba: SBS-SBEF, 1993b. p. 244-246.
- INOUE, M. T.; RODERJAN, C. V.; KUNIYOSHI, Y. S. **Projeto madeira do Paraná**. Curitiba: FUPEF, 1984. 260p.
- INOUE, M. T.; REISSMANN, C. B.; WANDEMBRUCK, A.; MORES, M.; CONEGLIAN, S. Efeitos da poluição na fotossíntese, conteúdo de ferro e cobre e dimensões das folhas de alfeneiro (*Ligustrum lucidum*) da arborização de Curitiba, PR. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA (3: 1990: Curitiba). **Anais**. Curitiba. 1990. p.170-180.
- INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA - IPPUC. **Histórico de dados do município de Curitiba**. Curitiba, 1991. 163p.

- JACKSON, M. B.; DREW, M. C. Effects of flooding on herbaceous plants. In: KOZLOWSKI, T. T. **Flooding and plant growth**. New York: Academic Press, 1984. p. 47-128.
- JIM, C. Y. Urban trees in Hong Kong - benefits and constraints. **Arboric. J.**, Biscester, v. 11, p. 145-164, 1987.
- JIM, C. Y. Evaluation of tree species for amenity planting in Hong Kong. **Arboric. J.**, Biscester, v. 14, p. 27-44, 1990.
- KAMMERBAUER, H.; SELINGER, H.; ROMMELT, R.; ZIEGLER-JONS, A.; KNOPPIK, D.; HOCK, B. Toxic components of motor vehicle emissions for the spruce *Picea abies*. **Environmental Pollution**, Barking, v. 48, n. 3, p. 235-243, 1987.
- KESSLER, Jr. K. J. Considerations of microclimate-leaf disease relations in arboriculture. **J. Arboric.**, Urban, v. 7, n. 7, p. 169-173, 1981.
- KIELBASO, J. J.; OTTMAN, K. Manganese deficiency-contributory to maple decline? **J. Arboric.**, Urban, v. 1, p. 21-32, 1976.
- KIM, J. K.; KIM, J. S. Studies on the contents of pollutants in soil and leaves of ornamental trees in the Namhae expressway. **Journal of Korean Forestry Society**, Chinju, Korea Republic, v. 79, n. 4, p. 352-358, 1990. **Forestry Abstracts**, v. 52, n. 11, p. 1176, 1991. Ref. 8387. Resumo.
- KISSEL, D. E.; RAGLAND, J. L. Redistribution of nutrient elements in corn (*Zea mays* L.): I. N, P, K, Ca and Mg redistribution in the absence of nutrient accumulation after silking. **Soil Sci. Amer. Proc.**, Madison, v. 31, p. 227-230, 1967.
- KOZLOWSKI, T. T. **Growth and development of trees - seed germination, ontogeny, and shoot growth**. v. I. New York: Academic Press, 1971. 443p.
- KOZLOWSKI, T. T. Responses of woody plants to flooding. In: KOZLOWSKI, T. T. **Flooding and plant growth**. New York: Academic Press, 1984. p. 129-163.
- KOZLOWSKI, T. T. Soil aeration, flooding, and tree growth. **J. Arboric.**, Urban, v. 11, n. 3, 1985.
- KOZLOWSKI, T. T. The impact of environmental pollution on shade trees. **J. Arboric.**, Urban, v. 12, n. 2, p. 29-37, 1986.
- KOZLOWSKI, T. T. Soil moisture and absorption of water by tree roots. **J. Arboric.**, Urban, v. 13, n. 2, p. 39-46 1987.
- KOZLOWSKI, T. T.; KELLER, T. Food relationship of woody plants. **Botanical Review**, New York, v. 32, p. 293-382, 1966.

- KRAMER, P. J. The role of water in tree growth . In: KOZLOWSKI, T. T. **The growth**. New York: The Ronald Press, 1962, p. 171-182.
- KRAMER, P. J. The role of water in wood formation. In: ZIMMERMANN, M. H. **The formation of wood in forest trees**. New York: Academic Press, 1964, p. 31-35.
- KRAMER, P. J. The role of water stress in tree growth. **J. Arboric.**, Urban, v. 13, n. 2, p. 33-38, 1987.
- KRAMER, P. J. & KOZLOWSKI, T. T. **Fisiologia das Árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1960. 745p.
- KRAMER, P. J.; KOZLOWSKI T. T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic Press, 1979. 811p.
- KRIZEK, D. T.; DUBIK, S. P. Influence of water stress and restricted root volume on growth and development of urban trees. **J. Arboric.**, Urban, v. 13, n. 2, p.47-55, 1987.
- KRUG, H. P. **Problemas de ajardinamento e arborização públicas**. São Paulo: Serviço Florestal, 1953. 32p.
- KUMAWAT, D. M.; DUBEY, P. S. Steel industry aerial discharges and response of two tree species. **Geobios**, Villeurbanne, v. 15, n. 4, p. 176-180, 1988.
- KUO, S. R. Response of Taiwan seedlings to water stress conditioning. **Quartely Journal of The Experimental Forest of National Taiwan University**. v. 2, n. 1, p. 39-62, 1988. **Forestry Abstracts**, v. 52, Ref. 03681, 1991. Resumo.
- LANZ, W.; SCHWABEDISSEN, K. Untersuchungen von Schad-symptomen in Fichtenbeständen an Autobahnen. **Forstarchiv**, Hannover, v. 57, n. 5, p. 180-182, 1986.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1986. 319p.
- LEAF, A. F. Plant analysis as an aid in fertilizing forests. In: WASH, L. M.; BEATON, I. D. **Soil testing and plant analysis**. Madison: Soil Science Soc. Amer., 1973, Cap.25. p. 427-454.
- LEOPOLD, A. C.; KRIEDEMANN, P. E. **Plant growth and development**. New York: McGraw-Hill Book, 1975. 545p.
- LEVANTAMENTO DE RECONHECIMENTO DOS SOLOS DO SUDESTE DO ESTADO DO PARANÁ - 1ª parte (informe preliminar). **Boletim Técnico**: EMBRAPA / Centro de Pesquisas Pedológicas, Curitiba, n. 40, p.148, 1974.
- LEYTON, L.; ARMSON, K. A. Mineral composition of the foliage in relation to the growth of scots pine. **For. Sci.**, Washington, v.3, p. 210-218, 1955.

- LEYTON, L.; ROUSSEAU, L. Z. Root growth of tree seedlings in relation to aeration. In: THIMANN, K. V. **The physiology of forest trees**. New York: The Ronald Press, p. 467-478, 1957.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotinoids: pigments of photosynthetic biomembranes. **Methods in enzymology**, v. 148, p. 350-382, 1987.
- LIMA V. C. **Estudo pedológico de perfis de solos do grande grupo rubrozem da bacia de Curitiba-PR**. Piracicaba, 1974. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 119p.
- LOHMANN, G. How valuable are the street trees of Lambeth Borough? **Arboric. J.**, Biscester, v. 12, p. 1-6, 1988.
- LOMBARDO, M. A. Vegetação e Clima. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA (3: 1990: Curitiba) **Anais**. Curitiba: FUPEF, 1990, p.1-13.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Plantarum, 1992. 351p.
- LOWRY, W. P. **Weather and life - An introduction to biometeorology**. 4: ed. New York: Academic Press, 1974. 305p.
- MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Curitiba: BADEP/UFPR/IBPT, 1968. 350p.
- MAC DONALD, J. D.; COSTELO, L. R.; BERGER, T. An evaluation of soil aeration status around healthy and declining oaks in an urban environment in California. **J. Arboric., Urban**, v. 19, n. 4, p. 209-219, 1993.
- MADER, D. L.; THOMPSON, B. W. Foliar and soil nutrients in relation to sugar maple decline. **Soil Sci. Soc.Amer. Proc.**,Madison, v. 3, n. 3, p. 794-800, 1969.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1989. 201p.
- MAREK, M.; LOMSKY, B. The influence of various forms of ammonium nitrogen fertilizer application on the photosynthetic productivity of different provenances of Norway spruce (*Picea abies*). **Lesnictvi**, Prague, v. 33, n. 2, p. 109-120, 1987.
- MAREK, M.; KRATOCHVILLOVA, I.; JANOUS, D.; ZACH, P. Response of spruce stants to impacts of air pollution. **Prirodovedne Prace Ustavu Ceskoslovenske Akademie Ved v Brne**, v. 22, n. 10, 47p., 1988. **Forestry Abstracts**, v. 50, n. 7, 1989. Resumo.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic Press., 1986. 648p.

- MASON, A. C.; WHITFIELD, A. B. Seasonal changes in the uptake and distribution of mineral elements in apple trees. **J. Hort. Sci.**, Kent, v. 35, p.34-55, 1960.
- MEAD, J. Use of herbicides around your trees. **J. Arboric.**, Urban, v. 10, n. 6, p. 181-183, 1984.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 4: ed. Worblaufen: International Potash Institute, 1987. 687p.
- MESSENGER, A. S. Root competition: grass effects on trees. Separata de: **J. Arboric.**, Urban, v. 2, p. 228-230, 1976.
- MESSENGER, S. Treatment of chlorotic oaks and Red Maples by soil acidification. **J. Arboric.**, Urban, v. 10, n. 4, p. 122-128, 1984.
- MILANO, M. S. **Avaliação e análise da arborização de ruas de Curitiba**. Curitiba, 1984. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, UFPR. 130p.
- MILANO, M. S.; NUNES, M. L.; ROBAYO, J. A. M.; SANTOS, L. A.; SARNOWSKI, F. O. Aspectos quali-quantitativos da arborização de ruas de Curitiba - 1990. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA (1: 1992: Vitória); ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA (4: 1992: Vitória). **Anais**. Vitória: PMV/CVRD, 1992, p.199-210.
- MILLER, E. **Plant physiology with reference to the green plant**. 2: ed. New York: McGraw-Hill. 1938. 1201p.
- MOREIRA, C. S.; MALAVOLTA, E.; RODRIGUEZ, O.; SANCHES, A. C.; KOO, J. R. C. Nutrição mineral e adubação - citrus. **Boletim técnico**: Inst. da Potassa, São Paulo, 122p. 1983.
- MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDAY, W. L. **Micronutrientes en agricultura**. 3: ed. México: AGT, 1983. 742p.
- MUDD, J. B.; KOZLOWSKI, T. T. **Responses of plants to air pollution**. New York: Academic Press, 1975. 383p.
- MULLETTE, K. F.; HANNON, N. F.; ELLIOT, A. G. L. Insoluble phosphorus usage by *Eucalyptus*. **Pant Soil**, The Hague, v. 41, n. 1, p. 199-205, 1974.
- MUNSELL COLOR CHARTS FOR PLANT TISSUES. Baltimore: Munsell Color, 1954.
- MUNSON, R. D.; NELSON, W. L. Principles and practices in plant analysis. In: WALSH, L. M.; BEATON, I. D. **Soil Testing and plant analysis**. Madiso: Soil Sci. Soc. Amer., cap. 15, 1973, p. 223-248.

- NAMBIAR, E. K. S.; SANDS, R. Competition water and nutrients in forest. **Can. J. For. Res.**, Ottawa, v.23, n. 10, p. 1955-1968, 1993.
- NEBEL, B.; MATILE, P. Longevity and senescence of needles in *Pinus cembra* L. **Tree**, Princeton, v. 6, p. 156-161, 1992.
- NOLAND, T. L.; KOZLOWSKI, T. T. Effect of SO₂ on stomatal aperture and sulfur uptake of woody angiosperm seedlings. **Can. J. For. Res.** Ottawa, v. 9, p. 57-62, 1979.
- OBUKHOV, A. I.; LEPNEVA, O. M. Biochemistry of heavy metals in an urban environment. **Soviet Soil Science**, Silver Spring, n. 5, p. 65-73, 1989.
- OLAND, K. Changes in the content of dry matter and major nutrient elements of apple foliage during senescence and abscission. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 16, p. 682-694, 1963.
- OLEYNIK, J.; BRAGAGNOLO, N.; BUBLITZ, U. **Análises de solo - Tabela para transformação de resultados analíticos e interpretação de resultados**. 2: ed. Curitiba: EMATER-Paraná, 1989. 27p.
- OLSEN, S. R. Interacciones de los micronutrientes. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDAY, W. L. **Micronutrientes en agricultura**. 3: ed. México: AGT, 1983, p. 267-286.
- OSTMAN, N. L.; WEAVER, G. T. Autumnal nutrient transfers by retranslocation, leaching and litter fall in a chestnut oak forest in southern Illinois. **Can. J. For. Res.**, Ottawa, v. 12, n.1, p. 40-51, 1981.
- PAINE, T. D.; MILLAR, J. G.; BELLOWS, T. S.; HANKS, L. M.; GOULD, J. R. Integrating classical biological control with plant health in the urban forest. **J. Arboric., Urban**, v. 19, n. 3, p. 125-130, 1993.
- PARTYRA, R. E. The Ways we kill a plant. **J. Arboric., Urban**, v. 8, n. 3, p. 57-66, 1982.
- PATTERSON, J. C. Soil compactation and its effects upon urban vegetation. In: SANTAMOUR Jr, F. S.; GERHOLD, H. D.; LITTLE, S. **Better trees for metropolitan landscapes**. Washington: USDA Forest Service, 1975. p.91-102.
- PECK, T. R. What to expect from soil tests. **J. Arboric.,Urban**, v. 7, n. 1, p. 11-12, 1981.
- PELLET, H. Minimizing winter injury of shade trees. **J. Arboric.,Urban**, v. 7, n. 12, p. 309-312, 1981.
- PETERSEN, A.; ECKSTEIN, D. Roadside trees in Hamburg - their present situation of environmental stress on their future change for recovery. **Arboric. J.**, Bicester, v. 12, p. 109-117, 1988.
- PIRONE, P. P. **Tree maintenance**. New York: Oxford University Press., 1959. 465p.

- PONNAMPERUMA, F. N. Effects of flooding on soils. In: KOZLOWSKI, T. T. **Flooding and plant growth**. New York: Academic Press, Inc., 1984. p. 9-45.
- PRICHETT, W. L. 1979., **Properties and management of forest soils**. New York: J. Wiley. 499p.
- REISSMANN, C. B. **Nutrição Florestal - com ênfase em *Araucaria angustifolia* Bert. O. (KTZE) e *Pinus taeda* L.** Curitiba, 1991. 46p.(Apostila da disciplina de Nutrição Florestal da UFPR).
- REISSMANN, C. B.; ROCHA, H. O.; KOEHLER, C. W.; CALDAS, R. L. S.; HILDEBRAND, E. Bio-elementos em folhas e hastes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) sobre cambissolos na região de Mandirituba-PR. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 14, n. 2, p. 49-54. 1983.
- REISSMANN, C. B.; BIONDI, D. **O teor de ferro em dedaleiro (*Lafoensia pacari* St. Hil) como elemento indicador da poluição urbana por particulados**. Curitiba, UFPR, 1994. (não publicado).
- ROCRAY, D. Problems affecting urban trees in Quebec city. **J. Arboric., Urban**, v. 9, n. 6, p. 167-169, 1983.
- RUARK, G. A.; MADER, D. L.; TATTAR, T. A. The influence of soil compaction and aeration on the root growth and vigour of trees a literature review. Part I. **Arboric. J., Bisceter**, v. 6, p. 251-265, 1982a.
- RUARK, G. A.; MADER, D. L.; TATTAR, T. A. A composite sampling technique to assess urban soils under roadside trees. **J. Arboric., Urban**, v. 8, n. 4, p. 96-99, 1982b.
- RUARK, G. A.; MADER, D. L.; TATTAR, T. A. Soil factors related to urban sugar maple decline. **J. Arboric., Urban**, v. 9, n. 1, p. 1-6, 1983.
- RYDER, E. J. Selecting and breeding plants for increased resistance to air pollutants. In: NAEGLE, J. A. **Air pollution damage to vegetation**. Los Angeles: Division of Agriculture and Food Chemistry, 1973. p. 75-84.
- SANTAMOUR Jr., F. S. **Breeding trees for tolerance to stress factors of the urban environment**. FAO/IUFRO World consult for tree breed.,n.FO-FTB-69-614, 1969.
- SAUTER, J. J.; KAMMERBAUER, H.; PAMBOR, L.; HOCK, B. Evidence for the accelerated micromorphological degradation of epistomatal waxes in Norway spruce by motor vehicle emissions. **European Journal of Forest Pathology**, Hamburg, v.17, n. 7, p. 444-448, 1987.
- SCHOENEWEISS, D. F. Infections of trees associated with water and freezing stress. **J. Arboric., Urban**, v. 7, n. 1, p. 13-18, 1981.

- SIMÕES, J. W. **Efeitos da omissão de nutrientes na alimentação mineral do pinheiro do paraná (*Araucaria angustifolia* Bert Oktze) cultivado em vaso.** Piracicaba-S.Paulo, 1972. Tese (Livre Docente) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- SMILEY, E. T.; HART, J. B.Jr.; KIELBASO, J. J. Foliar nutrient diagnosis of urban sugar and Red maples in the Great Lakes region. Separata de: **J. Environ. Hort.**, E. Lansing, v. 3, n. 3, p. 104-107, 1985.
- SMILEY, E. T.; KIELBASO, J. J. NGUYEN, P. N. Soil factors associated with manganese deficiency of urban sugar and Red. Maples. **J. Arboric.**, Urban, v. 12, n. 7, p. 169-173, 1986.
- SMITH, E. M. Mineral analysis of plant tissue. **Annu. Rev. Plant Physiol.**, Palo Alto, v. 13, p. 81-108, 1962.
- SMITH, G. C.; BRENNAN, E. G. Response of Honeylocust cultivars to air pollution stress in an urban environment. **J. Arboric.**, Urban, v. 10, n. 11, p. 289-293, 1984.
- SMITH, W. H.; DOCHINGER, L. S. Capability of metropolitan trees reduce atmospheric contaminants. In: SANTAMOUR Jr, F. S.; GERHOLD, H. D.; LITTLE, S. **Better trees for metropolitan landscapes.** Washington: USDA Forest Service, 1975. p.49-60.
- SPENCER, P. W.; TITUS, J. Biochemical and enzymatic changes in apple leaf tissue during autumnal senescence. **Plant Physiol.**, Bethesda., v. 49, p. 746-750, 1972.
- SUBAHASH-CHAND; SINGH, V.; CHAND, S. Sensitivity of *Tricale hexaploide* cv. Panda-6 to sulphur dioxide. **Plant Sciences**, v. 99, n. 3, p. 271-278, 1989. **Review of Plant Pathology**, v. 69, Ref. 06358, 1990. Resumo.
- SUKOPP, H.; WERNER, P. Urban environments and vegetation. In: HOLZNER, W.; WERGER, M. J. A.; IKSINA, I. **Man's impact on vegetation.** Boston: Dr. W. Junk Publishers, 1983. p.247-260.
- STEPHEN, W. F.; DONALD, D. L. H. Wood chip mulching around maples: effect on tree growth and soil characteristics. **J. Arboric.**, v. 8, n.4, p. 85-89, 1982.
- STUHLFAUTH, T.; STEUER, B.; FOCK, H. P. Chlorophylls and carotenoids under water stress and their relation to primary metabolism. **Photosynthetica**, v. 24, n.3, p. 412-418, 1990. **Horticultural Abstracts**, v. 61, Ref. 11470, 1991. Resumo.
- TALARCHEK, G. M. Indicators of urban forest condition in New Orleans. **J. Arboric.**, Urban, v. 13, n. 9, p. 217-224, 1987.
- TATTAR, T. A. **Diseases of shade trees.** New York: Academic Press, 1978. 117p.
- TATTAR, T. A. Non-infections diseases of trees. **Arboric. J.**, Bicester, v. 5, p. 111-116, 1981.

- TAYLOR, O. C. Acute responses of plants to aerial pollutants. In: NAEGLE, J. A. **Air pollution damage to vegetation**. Los Angeles: Division of Agricultural and Food Chemistry, 1973. p. 9-20.
- THOMAS, M.; RANSON, S. L.; RICHARDSON, J. A. **Plant Physiology**, 5: ed. London: Longman, 1973. 1062p.
- TOMER, Y. S.; NARESH-KUMAR; KUMAR, N. Effects of SO₂ on *Raphanus sativus* L. **Indian Journal of Ecology**, v. 14, n. 2, p. 173-178, 1987. **Review of Plant Pathology**, v. 68, Ref. 01965, 1989. Resumo.
- TROLLDENIER, G. Effect of soil temperature on nitrogen fixation on roots of rice and reed. **Plant Soil**, The Hague, v. 68, p. 217-221, 1982.
- URBAN and peri-urban forestry. **Unasyuva**, Rome, v. 44, n. 173, 1993.
- VALLARDI, A. **Guide per riconoscere gli alberi**. Hong Kong: Mandarin Offset, 1991. 192p.
- VAN RAIJ, B. **Avaliação da fertilidade do solo**. 3: ed. Piracicaba, S.Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. 142p.
- WAGAR, J. A. Sidewalk and soil amendment effects on growth of zelkova and fruitless mulberry. **J. Arboric.**, Urban, v. 8, n. 10, p.267- 270, 1982.
- WALLACE, T. **The diagnosis of mineral deficiências in plants by visual symptoms**. A color atlas and guide. London: Her Majesty' stationery office, 1961. 125p.
- WARGO, P. M. Defoliation and secondary-action organism attack: with emphasis on *armillaria mellea*. **J. Arboric.**, Urban, v. 7, n. 3, p. 64-69, 1981.
- WARGO, P. M. Effects and consequences of stresses on root physiology. **J. Arboric.**, Urban, v. 9, n. 7, p. 173-176, 1983.
- WATSON, G. W. The relationship of root growth and tree vigour following transplanting. **Arboric. J.**, Bisceter, v. 11, p. 97-104, 1987.
- WHEELER, Jr, A. G.; VALLEY, K. Ragged and shot-holed leaves diagnosing insect injury. **J. Arboric.**, Urban, v. 7, n. 9, p. 225-229, 1981.
- WHITLOW, T. H.; BASSUK, N. L. Trees in difficult sites. **J. Arboric.**, Urban, v. 13, n. 1, p. 10-17, 1987.
- WIERSUM, L. K.; HARMANNY, K. Changes in the water-permeability of roots of some trees during drought stress and recovery, as related to problems of growth in urban environment. **Plant Soil**, The Hague, v. 75, n. 3, p. 443-448, 1983.

- WILLIAMS, H. G.; PONDER, H. G.; GILLIAM, C. H. Response of *Cornus florida* to moisture stress. **J. Arboric.**, Urban, v. 13, n. 4, p. 98-101, 1987.
- WILSON, C. L.; ELLET, C. W. The diagnosis of urban tree disorders. **Arboric. J.**, Bicester, v. 6, n. 6, p. 141-145, 1980.
- WYMAN, D. **Parks, malls, roadsides: public area plantings. Landscape for living.** Washington: U.S.For. Service, 1972. (Yearbook of agriculture).
- YAU, D. P. Street trees of Melbourne. **J. Arboric.**, Urban, v. 6, n. 2, p. 95- 105, 1982.
- ZAKHARENKO, A. N.; LUK'YANOVA, N. M. The effect of car exhaust fumes on the pigment content of some gymnosperms. **Sbornik Nauchnykh Trudov Gosudarstvennyi Nikitskii Botanicheskii Sad**, n. 108, p. 111-118, 1989. **Horticultural Abstracts**, v. 62, Ref. 06766, 1992. Resumo.
- ZÖTTL, H. W. Diagnosis of nutritional disturbances in forest stands. Separata de: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FOREST FERTILIZATION (1973: Paris). 1973.