



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

**CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo**
Biblioteca Prof^o Dr^o Lucas Nogueira Garcez
Av. Prof^o Frederico Hermann Jr., 345 Pinheiros
05459-900 - São Paulo - Brasil
:: biblioteca@cetesbnet.sp.gov.br

**RESULTADOS PRELIMINARES DO DIAGNÓSTICO
DA CONTAMINAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS
DA MATA ATLÂNTICA, CUBATÃO - SP, POR
POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA**

1995

CLASS.	8502
AUTOR	A725r
TOMBO	040682 (RCM)

CEFESE - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo
Biblioteca Prof. Dr. Luiz Rogério Garcia
Av. Prof. Frederico Hermann Jr. 345 Pinheiros
05389-000 - São Paulo - Brasil
e-mail: biblioteca@cefepe.org.br

DIRETORIA DE ENGENHARIA AMBIENTAL

DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL

DIVISÃO DE QUALIDADE DO SOLO, ÁGUA SUBTERRÂNEA E VEGETAÇÃO

SETOR DE ECOSSISTEMAS TERRESTRES

CETESB - Companhia Ambiental
do Estado de São Paulo
Biblioteca Profº Drº Lucas Nogueira Garcez
Av. Profº Frederico Hermann Jr., 345 Pinheiros
05459-900 - São Paulo - Brasil
E-mail: biblioteca@cetesbnet.sp.gov.br

RESULTADOS PRELIMINARES DO DIAGNÓSTICO
DA CONTAMINAÇÃO DE ESPÉCIES VEGETAIS
DA MATA ATLÂNTICA, CUBATÃO - SP, POR
POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

1995

EQUIPE TÉCNICA

Biól. Cristina Maria do Amaral Azevedo	SMA
Téc. Biol. Kátia Maria Diniz	DPTE
Biól. Rodrigo Coelho Fialho	SMA
Eng ^a Agr. Dione Zangelmi A. Pradella	DPTE
Eng ^o Agr. Sérgio Luis Pompéia	SMA
Estag. Karem Baldin Pelaes	USP

Colaboração

Dr. José Antonio P.V. de Moraes - UFSCar
Biól. Carlos Henrique B. de A. Prado - UFSCar
Dra. Nanuza Luiza Menezes - USP
Dra. Ursula Maria Lanfer Marquez - USP
Farm. Bioquim. Victoria H. Del Pino - USP
Farm. Bioquim. Rosa Maria Cerdeira Barros - USP

Digitação

José Bezerra de Sousa

Desenhos

Marisa Cury

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	01
2. TEOR FOLIAR DE MACRONUTRIENTES E FLUORETOS	04
2.1. MATERIAIS E MÉTODOS	05
2.2. RESULTADOS	
2.2.1. Análise dos Teores Foliares de Macronutrientes e Fluoretos	08
2.2.2. Alterações Sazonais dos Parâmetros Analisados	12
2.2.3. Identificação de Espécies Acumuladoras	13
2.3. CONCLUSÕES	14
3. CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICO-FOLIAR	15
3.1. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1.1. Cortes Transversais	16
3.1.2. Cortes Paradérmicos	16
3.2. RESULTADOS	17
3.3. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	20
4. CARACTERIZAÇÃO DAS TROCAS GASOSAS	21
4.1. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.2.1. Capacidade Fotossintética. Ponto de Compensação à Luz e Radiação de Saturação	23
4.2.2. Cursos Diários da Fotossíntese Líquida, da Condutância Estomática e da Transpiração e Potencial Hídrico Foliar	29
4.3. CONCLUSÃO	41
5. ASPECTOS BIOQUÍMICOS	42
5.1. MATERIAL E MÉTODOS	44
5.2. RESULTADOS	45
5.3. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	54

6. ACUMULAÇÃO FOLIAR DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS RELACIONADA A ASPECTOS ANATÔMICOS E FISIOLÓGICOS	55
6.1. MATERIAIS E MÉTODOS	55
6.2. RESULTADOS	57
6.3. CONCLUSÃO	62
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

1. INTRODUÇÃO

A ação de poluentes atmosféricos na vegetação pode ser de natureza diversa e causar diferentes distúrbios metabólicos e anatômicos, estejam eles agindo sozinhos ou em combinações.

Desta forma, a análise dos efeitos da poluição do ar a níveis fisiológicos, bioquímicos e anatômicos, busca o entendimento do que determina a resistência ou a sensibilidade das espécies.

Segundo LEVITT (1972), dentro do estudo da variedade do fenômeno de estresse, e por conseguinte, da seleção de espécies, em determinados ambientes impactados, a resistência à poluição atmosférica é importante e pode ser o resultado de dois tipos diferentes de mecanismos: a evitação e a tolerância. A evitação pode envolver baixa condutância estomática (BRAUN, 1977; THORNE & HANSON, 1976 in ROBERTS & DARRAL, 1983) ou o fechamento de estômatos (BUTTER & TIBBITS, 1979 in ROBERTS & DARRAL, 1983). A tolerância pode envolver: capacidade de tamponamento (BRAUN, 1977; THORNE & HANSON, 1976 in ROBERTS & DARRAL, 1983), resultando na síntese de íons tamponantes adicionais; conversão de poluentes a forma menos tóxicas; síntese de novas enzimas ou alteração das propriedades enzimáticas ou outras alterações metabólicas (ROBERTS & DARRAL, 1983).

Quanto à evitação, o conhecimento anatômico e fisiológico dos estômatos é de grande importância para o seu entendimento. No caso da tolerância, tanto a determinação da acumulação de poluentes como o estudo dos mecanismos de destoxificação destes são preponderantes para uma avaliação.

GUDERIAN (1985), ressalta que a resistência das plantas às modificações ambientais, dentre elas o efeito da poluição atmosférica, depende primariamente da genética e do estado de desenvolvimento da planta e secundariamente das modificações bióticas e abióticas causadas pelo impacto no meio ambiente.

No Brasil a linha de pesquisa de efeitos da poluição atmosférica na vegetação é bastante recente e tem sido desenvolvida por poucos grupos, dentre os quais podemos destacar: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Universidade Federal de Viçosa, Instituto de Botânica e CETESB (XLVI Congresso Nacional de Botânica, 1995).

Uma dificuldade que esses grupos têm enfrentado é o pouco conhecimento sobre a morfologia, fisiologia e bioquímica de muitas das espécies que ocorrem no Brasil. Desse modo, têm sido necessários estudos básicos, como a caracterização anatômica e química das folhas, entre outros, para então proceder à pesquisa das alterações provocadas por poluentes atmosféricos.

Um dos ecossistemas brasileiros que vem sofrendo o impacto da poluição atmosférica é a Mata Atlântica. Parte desse ecossistema, situado na Serra do Mar, no município de Cubatão, vem sendo degradada por poluentes gerados pelo pólo petroquímico e siderúrgico implantado na região a partir da década de cinquenta.

Entre os poluentes atmosféricos da região destacam-se, como primários: fluoretos gasosos e amônia, emitidos principalmente pelas indústrias de fertilizantes; óxidos de enxofre e de nitrogênio, hidrocarbonetos e materiais particulados, emitidos por diversas fontes. Dentre os poluentes secundários, destacam-se: ozônio e peróxido de acetona (PAN).

A ação dos poluentes levou à degradação da cobertura vegetal, que por sua vez acelerou os processos erosivos e os movimentos de massa nas escarpas da Serra do Mar, com graves conseqüências ambientais, sociais e econômicas.

No início da década de 80, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (CETESB, 1984 e 1986), iniciou uma série de pesquisas visando identificar as principais formas de ação dos poluentes sobre as espécies vegetais consideradas tolerantes à poluição. Estas pesquisas vêm fornecendo subsídios às ações de controle das fontes emissoras e a projetos de recuperação de áreas degradadas por poluição.

A princípio, foram consideradas como espécies sensíveis, aquelas que morreram (identificadas por meio de cortes anatômicos do lenho) e como espécies tolerantes, aquelas que vêm mantendo populações relativamente estáveis nas áreas atingidas pela poluição (CETESB, 1988 a e b). Estabeleceu-se, a partir de então, uma linha metodológica para dar prosseguimento aos estudos sobre os efeitos da poluição atmosférica na vegetação, visando caracterizar, por meio da análise de outros parâmetros, a sensibilidade das espécies. Esta caracterização subsidiará a seleção de espécies bioindicadoras de poluentes atmosféricos e espécies para recuperação de ecossistemas degradados (*).

Na figura 1 estão apresentadas, na forma de fluxograma, as etapas desenvolvidas por este trabalho. A partir dos resultados das análises químicas das folhas das espécies escolhidas, estas são separadas em dois grupos: as acumuladoras (que apresentam aumento significativo dos teores foliares dos elementos analisados) e as não acumuladoras. Dentre estes dois grupos, são selecionadas as espécies sem injúrias visíveis para que sejam submetidas a análises bioquímicas e fisiológicas, de modo a verificar se estão sofrendo alguma alteração metabólica. As que não apresentam alteração metabólica são submetidas a investigação de mecanismos de resistência, enquanto que as que apresentam alteração são submetidas a experimentos em atmosfera controlada, a fim de correlacionar as concentrações dos poluentes com a resposta do metabolismo vegetal.

As espécies com injúrias visíveis ou que apresentam alterações metabólicas significativas serão submetidas a experimentos em atmosfera controlada, a fim de correlacionar a concentração do poluente ao tipo de resposta.

Neste relatório estão reunidos os resultados preliminares do diagnóstico da contaminação de algumas espécies da Mata Atlântica, uma das metas do projeto "Efeito da Poluição Atmosférica sobre a Vegetação".

Este diagnóstico está sendo realizado por meio da análise de alguns parâmetros de indicação de estresse vegetal provocado por poluição atmosférica, como: análises químicas (teor foliar de macronutrientes e fluoretos), estudos bioquímicos (aminoácidos livres, taninos e ácido ascórbico), estudos de trocas gasosas (fotossíntese, respiração e condutância estomática), bem como aspectos anatômicos foliares.

Os resultados estão organizados em cinco itens, seguindo as etapas delineadas na Figura 1. No item 2, são apresentados os resultados das análises químicas de teores foliares de macronutrientes e fluoretos em espécies da Mata Atlântica existentes na Serra do Mar - Cubatão/SP, sob diferentes condições de poluição atmosférica.

O terceiro e o quarto itens referem-se à caracterização dos parâmetros anatomia foliar e trocas gasosas em condições de ausência de poluição atmosférica e servirão como parâmetro para a análise do efeito da poluição sobre estes aspectos.

O quinto item trata de aspectos bioquímicos, tais como teores foliares de aminoácidos livres, taninos e ácido ascórbico em plantas da Mata Atlântica existentes na Serra do Mar, Cubatão, sob diferentes condições de poluição atmosférica.

(*Neste trabalho as espécies foram classificadas em apenas dois grupos: tolerantes ou sensíveis, considerando que as tolerantes englobam diferentes graus de resistência à poluição atmosférica.

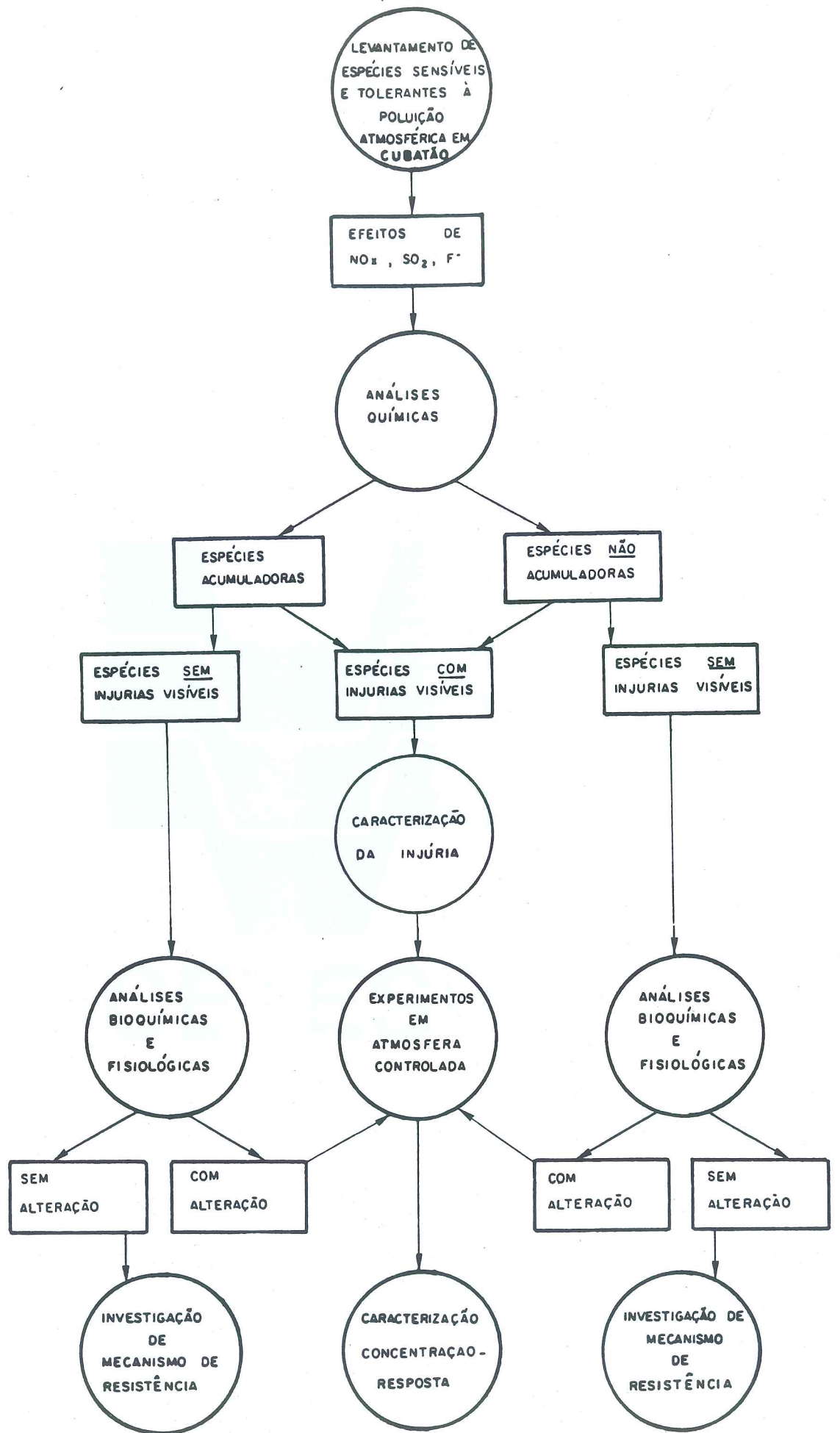


Figura 1 - Linha Experimental para Investigação dos Poluentes Primários

No sexto item deste relatório são correlacionados os resultados referentes à acumulação foliar e às características anatômicas e fisiológicas de algumas espécies estudadas.

As áreas escolhidas para a realização deste projeto, indicadas na Figura 2, foram selecionadas com base nos dados de qualidade do ar fornecidos pela CETESB na década de 80 (CETESB, 1986) e nos estudos da evolução da cobertura vegetal por fotografias aéreas (CETESB, 1994). Procurou-se escolher pontos com topografia semelhante e, em relação às áreas poluídas, áreas com o mesmo nível de degradação da cobertura vegetal, a saber:

- **Área 1:** Vale do Rio Pilões (VP): Área utilizada como controle;
- **Área 2:** Caminho do Mar (CM) - Área afetada predominantemente por hidrocarbonetos, Dióxidos de Enxofre (SO₂), Óxidos de nitrogênio (NO_x), Ozona (O₃) e PAN (peróxido de acetoneitrila) e
- **Área 3:** Vale do Rio Moji (VM) - Área afetada predominantemente por Fluoretos gasosos (F⁻), Amônia (NH₃), Óxidos de nitrogênio (NO_x), sulfatos, nitratos e fosfatos particulados.

Em relação às espécies selecionadas, procurou-se escolher espécies representativas da Mata Atlântica da região e com ocorrência em pelo menos uma das áreas poluídas, que por este motivo, têm sido consideradas como tolerantes (CETESB, 1988a).

Para os estudos de trocas gasosas e anatomia foliar, incluíram-se algumas das espécies consideradas sensíveis (CETESB, 1988b), a fim de subsidiar o prosseguimento destas atividades, através da exposição de plantas envasadas nas três áreas mencionadas acima. Pretende-se assim avaliar a fitotoxicidade dos atuais níveis de poluição atmosférica de Cubatão.

Este relatório se constitui em uma versão preliminar, sendo que, uma versão completa será realizada após conclusão de todos os estudos em desenvolvimento.

2. TEOR FOLIAR DE MACRONUTRIENTES E FLUORETOS

A análise química de folhas de plantas existentes em áreas poluídas é a primeira etapa da linha metodológica desenvolvida pela CETESB, para pesquisar os efeitos da poluição atmosférica na vegetação (Figura 1).

O teor foliar de elementos constituintes dos poluentes primários (NO_x, SO₂ e HF) possibilita identificar dois grupos distintos de espécies: as acumuladoras e as não acumuladoras.

As primeiras, por não evitarem a entrada dos poluentes nos tecidos foliares, acumulam alguns de seus constituintes. Concentrações elevadas destes elementos, quando comparadas à literatura e aos teores foliares das mesmas espécies, provenientes de áreas não poluídas, indicam estar havendo acumulação. Estas espécies poderiam, então, ser usadas como bioindicadores da presença destes poluentes na atmosfera.

Foram também analisados os teores foliares de outros macronutrientes, além de nitrogênio e enxofre, com a finalidade de avaliar o estado nutricional das plantas e verificar se a poluição atmosférica tem algum efeito sobre este parâmetro.

A realização de análises químicas dos teores foliares de macronutrientes e de fluoretos em espécies da Mata Atlântica, expostas ou não à poluição atmosférica de Cubatão, tem como objetivos avaliar a concentração de macronutrientes e fluoretos nas espécies estudadas, assim como seu comportamento sazonal e identificar espécies acumuladoras de alguns constituintes dos poluentes atmosféricos.

2.1. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas, para a realização desta pesquisa, espécies vegetais provenientes das áreas: Vale do Rio Pilões (VP); Caminho do Mar (CM) e Vale do Rio Moji (VM) (Figura 2).

Na seleção das espécies, procurou-se focar aquelas representativas da flora da Mata Atlântica da região, de diferentes estratos e estágios sucessionais e, por fim, que ocorressem em pelo menos duas das três áreas escolhidas para a pesquisa. Com base nesses critérios foram selecionadas 13 espécies, listadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Espécies da Mata Atlântica, Cubatão-SP, selecionadas para análise do teor foliar de macronutrientes e fluoretos

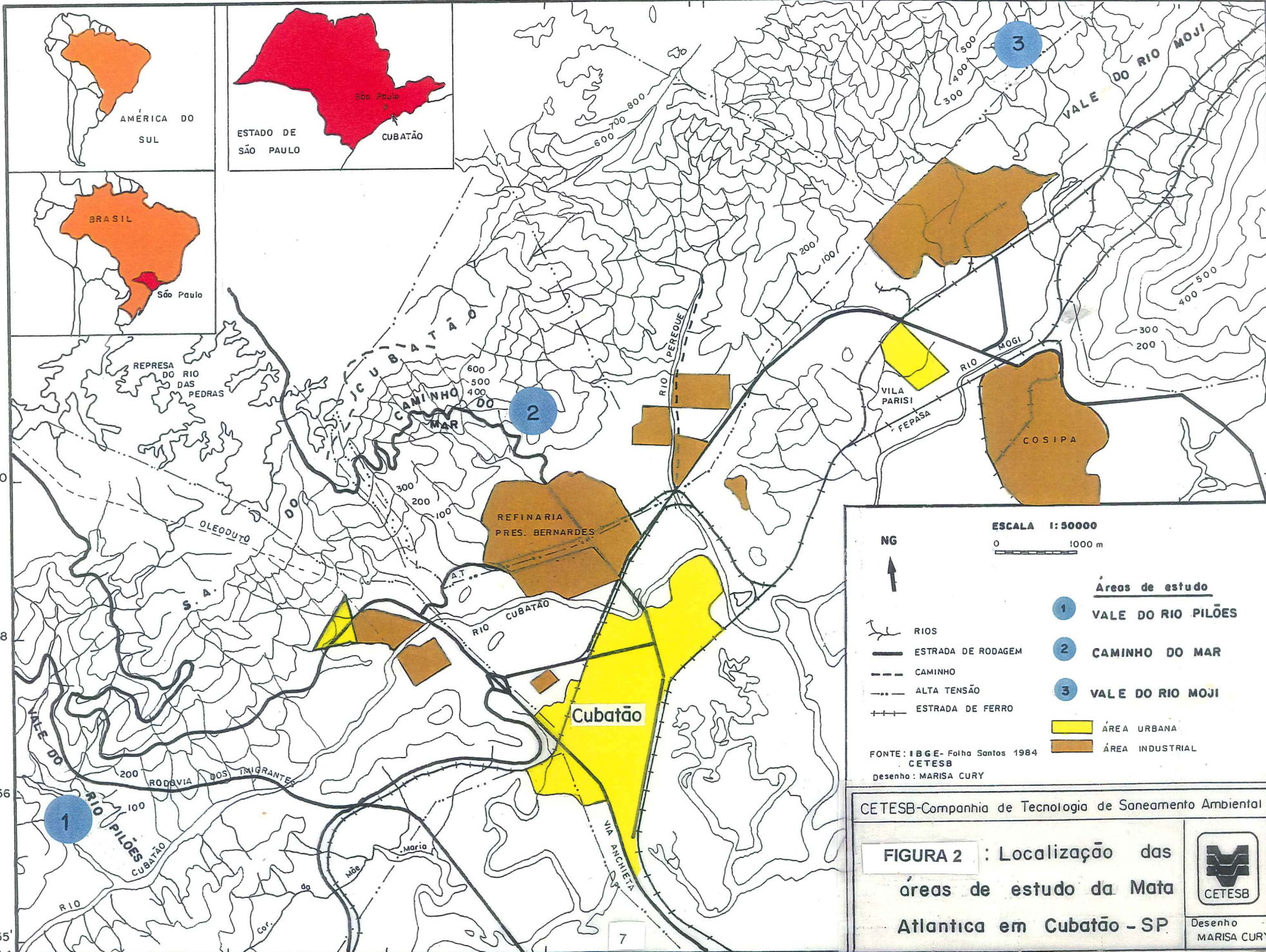
ESPÉCIE	FAMÍLIA	HÁBITO
<i>Cecropia glazioui</i>	Cecropiaceae	árvore
<i>Costus spiralis</i>	Costaceae	erva terrestre
<i>Ficus enormis</i>	Moraceae	árvore
<i>Ficus insipida</i>	Moraceae	árvore
<i>Hedychium coronarium</i>	Zingiberaceae	erva paludosa
<i>Miconia cabucu</i>	Melastomataceae	árvore
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	Melastomataceae	árvore
<i>Monstera adansonii</i>	Araceae	liana/epífita
<i>Philodendron bipinatifidum</i>	Araceae	erva terrestre/epífita
<i>Philodendron imbe</i>	Araceae	liana/epífita
<i>Piper cernuum</i>	Piperaceae	arbusto
<i>Syagrus pseudococos</i>	Arecaceae	árvore
<i>Tibouchina pulchra</i>	Melastomataceae	árvore

As amostras consistiram de folhas maduras coletadas de posição padronizada, para cada espécie, com três réplicas (3 exemplares/espécie/local). As folhas foram lavadas com água deionizada para remoção do material particulado, secas em estufa, moídas e peneiradas.

Os parâmetros químicos analisados foram: N - nitrogênio, S - enxofre, P - fósforo, K - potássio, Ca - cálcio, Mg - magnésio e F - fluoretos. As análises do teor foliar de fluoretos foram realizadas na CETESB, pelo método de Van den Heede modificado (1975). As demais análises foram realizadas pela LAGRO - Laboratório Agrônomo S/C Ltda., de Campinas-SP. Os métodos utilizados foram: método Kjeldahl para nitrogênio; digestão nitroperclórica e espectrofotometria de absorção atômica para cálcio, potássio e magnésio; digestão nitroperclórica e colorimetria para fósforo e digestão nitroperclórica e turbidimetria para enxofre.

As coletas foram realizadas em duas estações do ano: verão (fev.91, nov.92, abr.93) e inverno (jun.91 e ago.93). A definição de dois períodos de coleta teve a finalidade de verificar a ocorrência de comportamento sazonal na concentração dos elementos estudados, uma vez que na região de Cubatão durante os meses de inverno as condições para a dispersão dos poluentes são piores, provocando, na atmosfera, concentrações mais elevadas.





ESCALA 1:50000
0 1000 m

NG
↑

Áreas de estudo

- 1 VALE DO RIO PILÕES
- 2 CAMINHO DO MAR
- 3 VALE DO RIO MOJI


ÁREA URBANA
 ÁREA INDUSTRIAL

RIOS
 ESTRADA DE RODAGEM
 CAMINHO
 ALTA TENSÃO
 ESTRADA DE FERRO

FONTE: IBGE- Folha Santos 1984
CETESB
Desenho: MARISA CURY

CETESB-Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

FIGURA 2 : Localização das áreas de estudo da Mata Atlântica em Cubatão - SP


Desenho MARISA CURY

2.2. RESULTADOS

2.2.1. Análise dos Teores Foliare de Macronutrientes e Fluoretos

Nitrogênio: as treze espécies analisadas, nas três áreas de estudo, apresentaram teores foliares de 1 % a 2,5% (Figura 3). Estes teores estão dentro do intervalo de concentração considerado normal em plantas, segundo literatura internacional: 1,0 % a 3,5% (Chapman,1966). Não foram detectadas diferenças significativas nas concentrações dos espécimes entre as áreas poluídas e o controle.

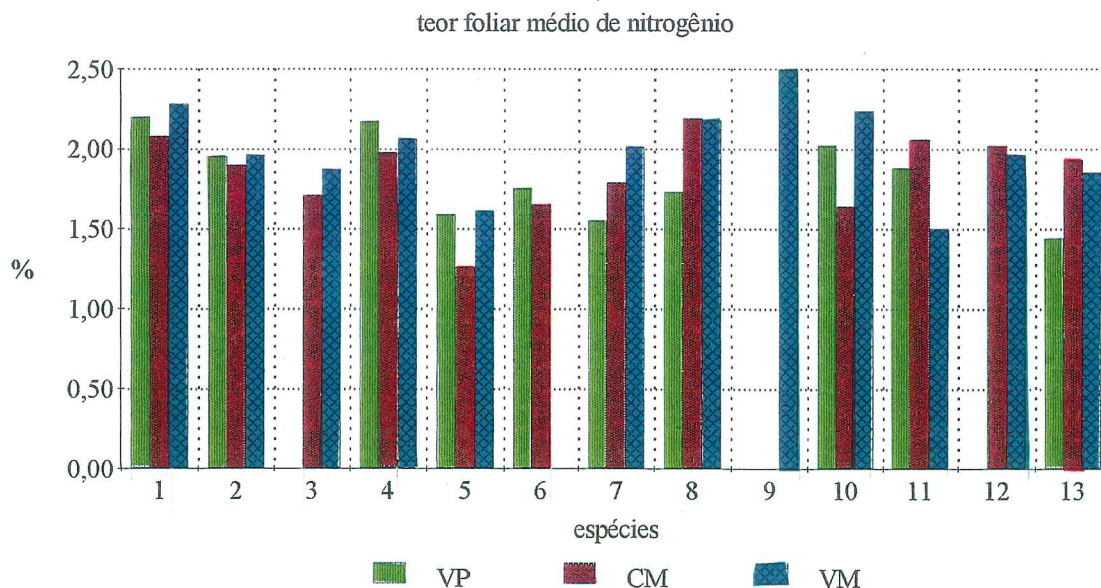
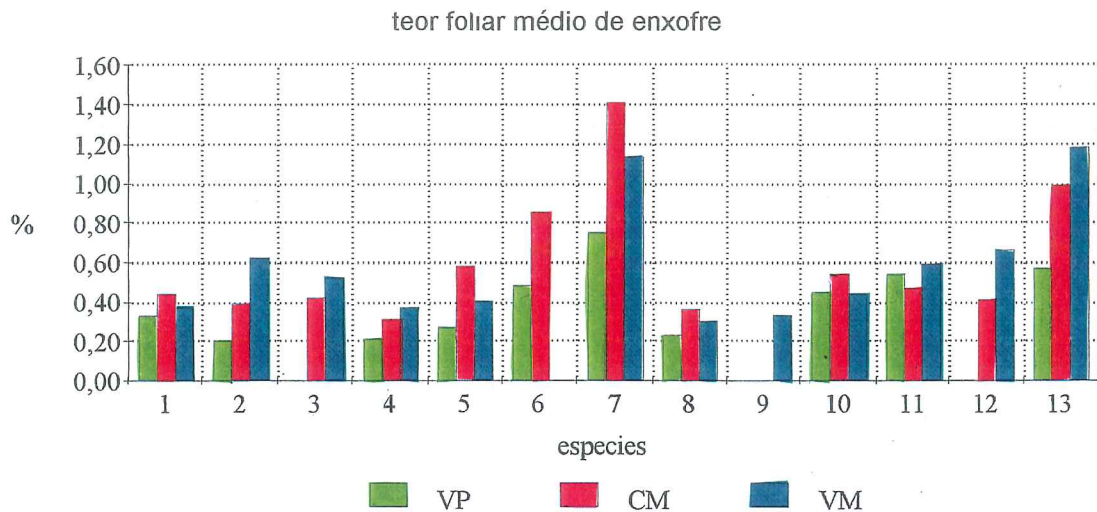


Figura 3 - Teor foliar de nitrogênio em espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP nas três áreas: VP (Vale do Pilões), CM (Caminho do Mar) e VM (Vale do Moji)

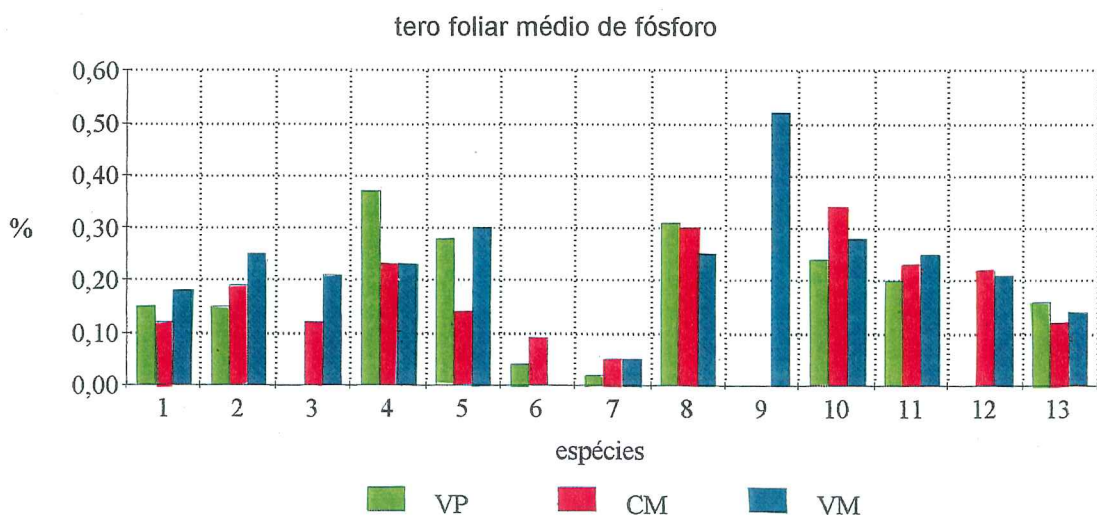
Enxofre: nove, das treze espécies analisadas, apresentaram teores foliares (Figura 4) superiores ao limite máximo considerado normal em plantas, segundo literatura internacional: 0,4% (CHAPMAN,op.cit.). As exceções foram: *Cecropia glazioui*, *Ficus insipida*, *Monstera adansonii* e *Philodendron bipinatifidum*. Os teores mais elevados ocorreram nos espécimes das áreas poluídas. KLUMPP & DOMINGOS (1993) também encontraram altos teores foliares de enxofre em plantas de *Tibouchina pulchra* (superiores a 6 mg/g p.s.).



1- *Cecropia glazioui*, 2-*Costus spiralis*, 3-*Ficus enormis*, 4-*Ficus insipida*, 5-*Hedychium coronarium*, 6-*Miconia cabucu*, 7-*Miconia cinnamomifolia*, 8-*Monstera adansonii*, 9-*Philodendron bipinatifidum*, 10-*Philodendron imbe*, 11-*Piper cernuum*, 12-*Syagrus pseudococos*, 13-*Tibouchina pulchra*

Figura 4 - Teor foliar de enxofre em espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, nas três áreas: VP (Vale do Pilões), CM (Caminho do Mar) e VM (Vale do Moji)

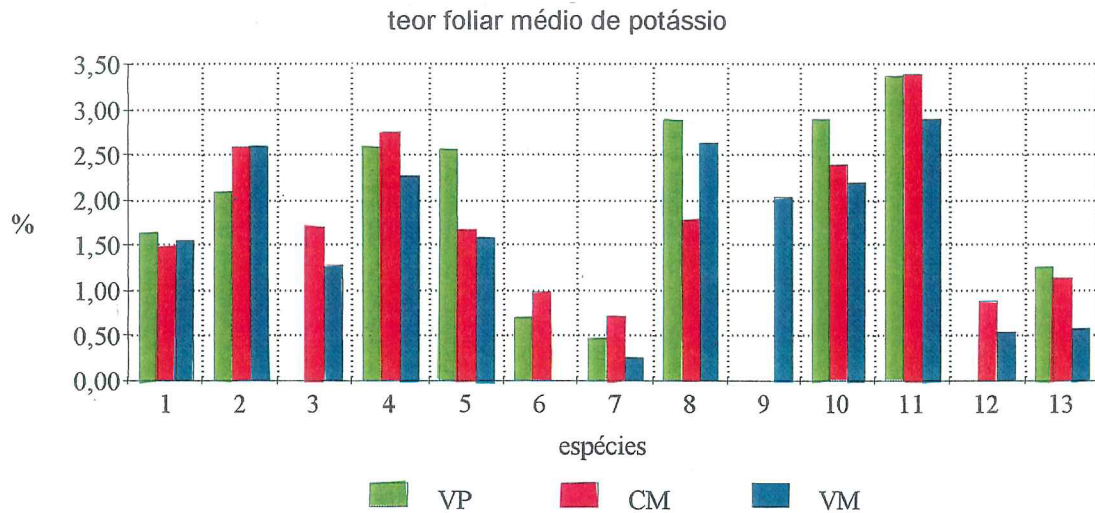
Fósforo: em geral, as espécies analisadas apresentaram teores dentro do intervalo considerado normal em plantas, segundo literatura internacional: 0,1% a 0,6% (CHAPMAN, op.cit.). Apenas as duas espécies de *Miconia* apresentaram teores mais baixos: 0,01% a 0,08%. Não foi observado um padrão de diferenciação dos teores foliares entre as áreas poluídas e controle (Figura 5).



1- *Cecropia glazioui*, 2-*Costus spiralis*, 3-*Ficus enormis*, 4-*Ficus insipida*, 5-*Hedychium coronarium*, 6-*Miconia cabucu*, 7-*Miconia cinnamomifolia*, 8-*Monstera adansonii*, 9-*Philodendron bipinatifidum*, 10-*Philodendron imbe*, 11-*Piper cernuum*, 12-*Syagrus pseudococos*, 13-*Tibouchina pulchra*

Figura 5 - Teor foliar de fósforo em espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, nas três áreas: VP (Vale do Pilões), CM (Caminho do Mar) e VM (Vale do Moji)

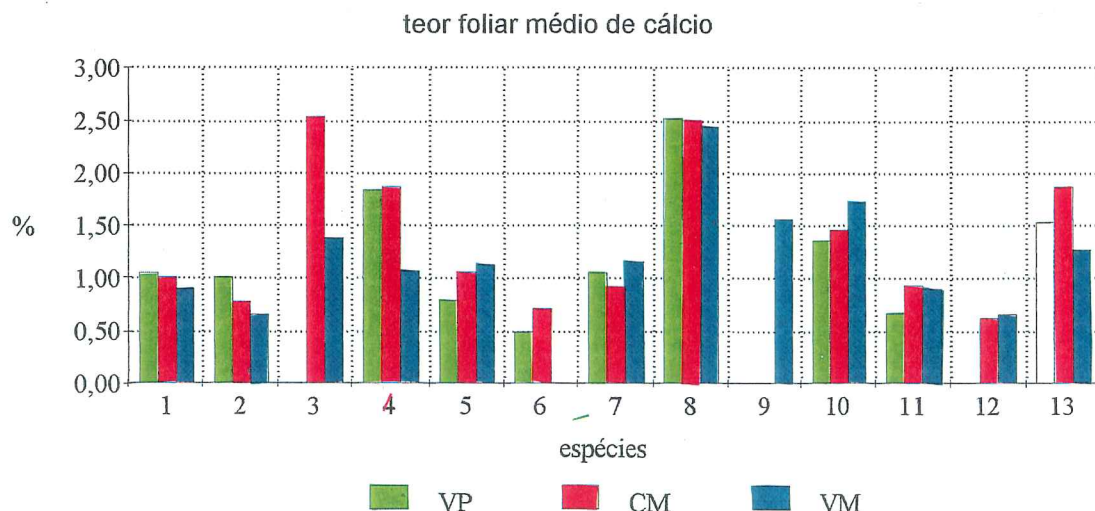
Potássio: o intervalo considerado normal em plantas, segundo literatura internacional, é de 0,5% a 5,0%. Todas as espécies, com exceção de *Miconia cinnamomifolia*, apresentaram teores foliares dentro deste intervalo. Esta espécie apresentou, no Vale do Moji, o valor médio de 0,3% (Figura 6).



1- *Cecropia glazioui*, 2-*Costus spiralis*, 3-*Ficus enormis*, 4-*Ficus insipida*, 5-*Hedychium coronarium*, 6-*Miconia cabucu*, 7-*Miconia cinnamomifolia*, 8-*Monstera adansonii*, 9-*Philodendron bipinatifidum*, 10-*Philodendron imbe*, 11-*Piper cernuum*, 12-*Syagrus pseudococos*, 13-*Tibouchina pulchra*

Figura 6 - Teor foliar de potássio em espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, nas três áreas: VP (Vale do Pilões), CM (Caminho do Mar) e VM (Vale do Moji)

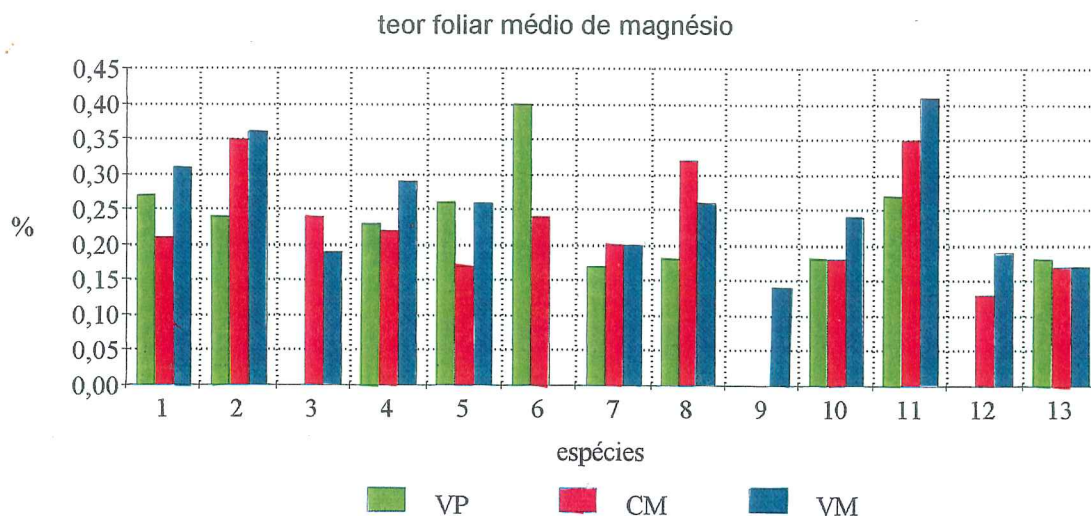
Cálcio: o intervalo da concentração foliar deste elemento, considerado normal em plantas, segundo literatura internacional, é bastante variável: 0,04% a 5,0% (CHAPMAN, op.cit.). A maioria das espécies analisadas apresentaram teores em torno de 1,0%. As espécies de *Ficus* e *Monstera*, porém, apresentaram teores mais elevados: cerca de 2,0%. Não foi constatado um padrão de diferenciação dos teores foliares entre as concentrações das áreas poluídas e controle (Figura 7).



1- *Cecropia glazioui*, 2-*Costus spiralis*, 3-*Ficus enormis*, 4-*Ficus insipida*, 5-*Hedychium coronarium*, 6-*Miconia cabucu*, 7-*Miconia cinnamomifolia*, 8-*Monstera adansonii*, 9-*Philodendron bipinatifidum*, 10-*Philodendron imbe*, 11-*Piper cernuum*, 12-*Syagrus pseudococos*, 13-*Tibouchina pulchra*

Figura 7 - Teor foliar de cálcio em espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, nas três áreas: VP (Vale do Pilões), CM (Caminho do Mar) e VM (Vale do Moji)

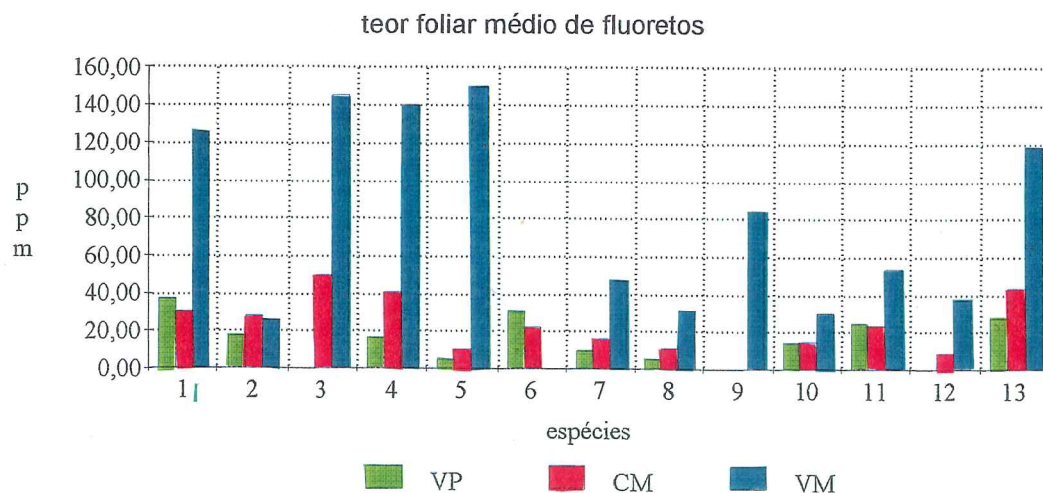
Magnésio: todas as espécies analisadas apresentaram concentrações dentro do intervalo considerado normal em plantas, segundo literatura internacional: 0,1% a 0,7% (CHAPMAN, op.cit.). Não foi constatado um padrão de diferenciação dos teores foliares entre as plantas provenientes das áreas poluídas e controle (Figura 8).



1- *Cecropia glazioui*, 2-*Costus spiralis*, 3-*Ficus enormis*, 4-*Ficus insipida*, 5-*Hedychium coronarium*, 6-*Miconia cabucu*, 7-*Miconia cinnamomifolia*, 8-*Monstera adansonii*, 9-*Philodendron bipinatifidum*, 10-*Philodendron imbe*, 11-*Piper cernuum*, 12-*Syagrus pseudococos*, 13-*Tibouchina pulchra*

Figura 8 - Teor foliar de magnésio em espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, nas três áreas: VP (Vale do Pilões), CM (Caminho do Mar) e VM (Vale do Moji)

Fluoretos: onze das espécies analisadas apresentaram teores foliares superiores ao limite considerado normal para plantas, segundo literatura internacional, 20 ppm (Pushnik & Miller, 1990). As exceções foram: *Costus spiralis* e *Miconia cabucu*. Os teores mais altos ocorreram nos espécimes das áreas poluídas, sobretudo do Vale do Moji, onde localizam-se as principais fontes deste poluente (Figura 9). KLUMPP & DOMINGOS (1993) também encontraram altos teores foliares de fluoretos em plantas de *Tibouchina pulchra*, *Miconia cinnamomifolia* e *Cecropia glazioui*, provenientes do Vale do Moji (de 60 a 220 ppm).



1- *Cecropia glazioui*, 2-*Costus spiralis*, 3-*Ficus enormis*, 4-*Ficus insipida*, 5-*Hedychium coronarium*, 6-*Miconia cabucu*, 7-*Miconia cinnamomifolia*, 8-*Monstera adansonii*, 9-*Philodendron bipinatifidum*, 10-*Philodendron imbe*, 11-*Piper cernuum*, 12-*Syagrus pseudococos*, 13-*Tibouchina pulchra*

Figura 9 - Teor foliar de fluoretos em espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, nas três áreas: VP (Vale do Pilões), CM (Caminho do Mar) e VM (Vale do Moji)

2.2.2. Alterações Sazonais dos Parâmetros Analisados

Não foram observadas diferenças significativas nos teores dos elementos analisados entre as duas estações do ano (inverno e verão); embora tenha sido identificada uma tendência de aumento nos teores foliares dos elementos no inverno (Tabela 2).

Tabela 2 - Intervalo de concentrações dos macronutrientes e fluoretos no inverno e verão, nas 13 espécies estudadas da Mata Atlântica - Cubatão/SP

Elemento	Verão	Inverno	Nível Normal
Ca (%)	0,33 a 2,90	0,51 a 2,78	0,04 a 5,0 *
K (%)	0,34 a 3,81	0,43 a 3,45	0,5 a 5,0 *
P (%)	0,01 a 0,48	0,04 a 0,58	0,1 a 0,6 *
Mg (%)	0,13 a 0,43	0,13 a 0,45	0,1 a 0,7 *
N (%)	1,39 a 2,72	1,01 a 2,70	0,1 a 0,4 *
S (%)	0,13 a 1,05	0,20 a 1,90	1,0 a 3,5 *
F- (ppm)	2,2 a 238,2	3,2 a 203,7	2 a 20 **

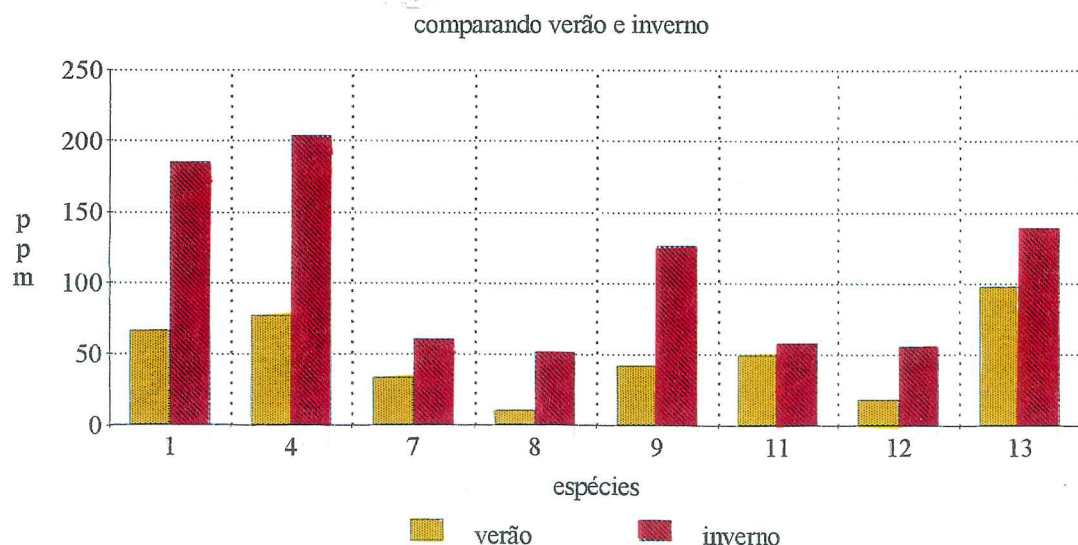
* CHAPMAN, 1996

** PUSHNIK & MILLER, 1990

Os teores foliares de **nitrogênio**, ao contrário, apresentaram, em algumas espécies (*Ficus*, *Hedychium*, *Miconia* e *Monstera*), uma tendência de aumento no verão.

Os teores de **fluoretos** e de **enxofre** apresentaram-se mais altos no inverno em, respectivamente, 8 e 7 das 13 espécies estudadas.

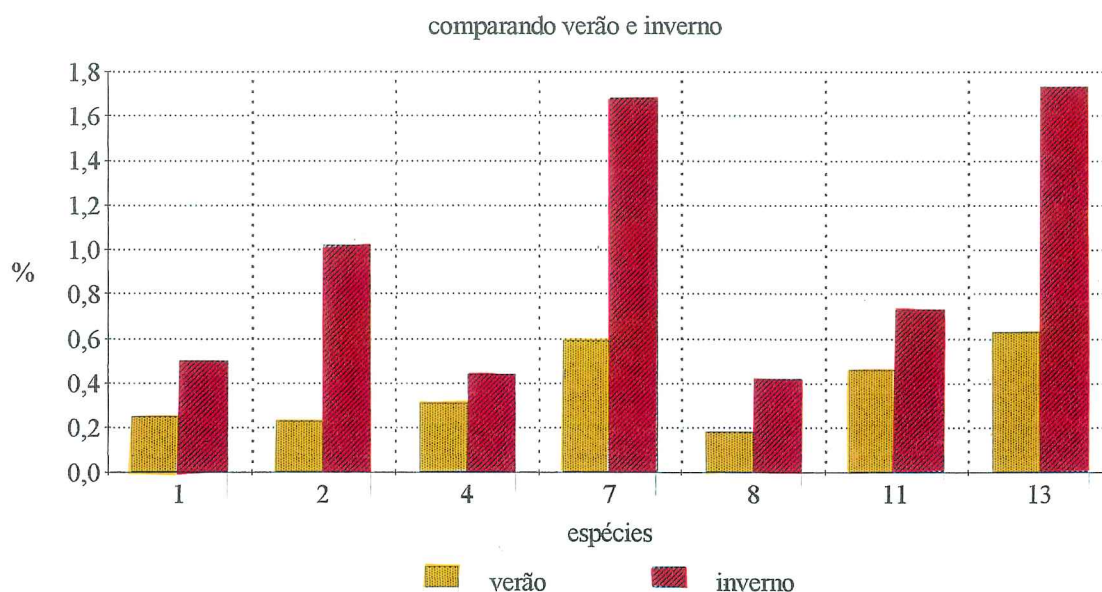
Em relação ao teor foliar de **fluoretos**, as maiores diferenças entre as duas estações ocorreram no Vale do Moji, nas espécies: *Cecropia glazioui*, *Ficus insipida*, *Miconia cinnamomifolia*, *Monstera adansonii*, *Philodendron bipinatifidum*, *Piper cernuum*, *Syagrus pseudococos* e *Tibouchina pulchra* (Figura 10).



1- *Cecropia glazioui*, 3-*Ficus enormis*, 4-*Ficus insipida*, 7-*Miconia cinnamomifolia*, 8-*Monstera adansonii*, 9-*Philodendron bipinatifidum*, 11-*Piper cernuum*, 12-*Syagrus pseudococos*, 13-*Tibouchina pulchra*

Figura 10 - Teor foliar de fluoreto em espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, nas estações verão e inverno (Vale do Moji)

Em relação ao teor foliar de enxofre, as maiores diferenças entre as duas estações ocorreram também no Vale do Moji, nas espécies: *Cecropia glazioui*, *Costus spiralis*, *Ficus insipida*, *Miconia cinnamomifolia*, *Monstera adansonii*, *Piper cernuum* e *Tibouchina pulchra*. (Figura 11).



1- *Cecropia glazioui*, 2-*Costus spiralis*, 4-*Ficus insipida*, 7-*Miconia cinnamomifolia*, 8-*Monstera adansonii*, 11-*Piper cernuum*

Figura 11 - Teor foliar de enxofre em espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, nas estações verão e inverno (Vale do Moji)

2.2.3. Identificação de Espécies Acumuladoras

Sete espécies mostraram-se acumuladoras de enxofre, sendo que quatro destas apresentaram os teores mais elevados no Caminho do Mar.

Onze espécies acumularam fluoretos, com ocorrência de teores mais elevados no Vale do Moji.

Destacaram-se como espécies acumuladoras de enxofre e fluoretos: *Cecropia glazioui*, *Costus spiralis*, *Ficus insipida*, *Hedychium coronarium*, *Miconia cinnamomifolia*, *Monstera adansonii* e *Tibouchina pulchra* (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 - Razão entre as médias (verão e inverno) dos teores foliares de enxofre de espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, das áreas poluídas (CM-Caminho do Mar e VM- Vale do Moji) e área controle (VP-Vale do Pilões)

ESPÉCIE	CM/VP	VM/VP
<i>Costus spiralis</i>	1,9	3,1
<i>Ficus insipida</i>	1,5	1,8
<i>Hedychium coronarium</i>	2,1	1,5
<i>Miconia cabucu</i>	1,8	*
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	1,9	1,5
<i>Monstera adansonii</i>	1,6	1,3
<i>Tibouchina pulchra</i>	1,7	2,1

* esta espécie não foi encontrada no Vale do Moji

Tabela 4 - Razão entre as médias dos teores foliares de fluoretos, de espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, das áreas poluídas (CM-Caminho do Mar e VM- Vale do Moji) e área controle (VP-Vale do Pilões)

ESPÉCIE	CM/VP	VM/VP
Cecropia glazioui	0,8	3,4
Costus spiralis	1,6	1,5
Ficus enormis	2,9*	
Ficus insipida	2,5	8,5
Hedychium coronarium	2,0	30,0
Miconia cinnamomifolia	1,6	4,8
Monstera adansonii	2,0	5,7
Philodendron imbe	1,0	2,1
Piper cernuum	0,9	2,2
Syagrus pseudococos	4,3*	
Tibouchina pulchra	1,6	4,3

* espécies não encontradas no Vale do Pilões, razão entre as médias dos teores encontrados no VM e CM.

2.3. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, chega-se às seguintes conclusões:

- a maioria das espécies apresentou teores de enxofre e fluoretos acima dos padrões de normalidade em plantas, segundo literatura internacional, foram observadas diferenças significativas nos teores destes elementos entre as áreas poluídas e controle, o que pode ser atribuído ao aporte destes elementos pela emissão de poluentes atmosféricos;
- a maior parte das espécies estudadas não apresentou diferenças significativas nos teores de nitrogênio, fósforo, potássio cálcio e magnésio entre as áreas poluídas e controle, tendo sido considerados dentro da variação normal para plantas;
- a elevação dos teores foliares de enxofre e fluoretos no inverno pode ser atribuída ao aumento da poluição atmosférica nesta estação, devido à ocorrência de condições mais desfavoráveis à dispersão dos poluentes;
- as espécies: *Costus spiralis*, *Ficus insipida*, *Hedychium coronarium*, *Miconia cinnamomifolia*, *Monstera adansonii*, *Philodendron imbe*, *Piper cernuum* e *Tibouchina pulchra* destacaram-se como espécies acumuladoras de enxofre e fluoretos, apresentando razões entre as concentrações nas áreas poluídas e controle superior a 1,5.

3. CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICO FOLIAR

As características anatômicas das folhas podem ser úteis, na avaliação dos efeitos da poluição atmosférica sobre a vegetação, de duas maneiras: algumas características, como número e tamanho dos estômatos, podem influir na absorção foliar de poluentes gasosos e a poluição pode afetar algumas características estruturais das folhas provocando injúrias (alterações dos tecidos), o que leva ao comprometimento do desempenho fotossintético das plantas, entre outros.

Nesta etapa procurou-se realizar uma caracterização anatômica de 26 espécies da Mata Atlântica em Cubatão (Tabela 5), sendo 17 consideradas tolerantes e 9 sensíveis. As plantas estudadas foram coletadas em áreas não poluídas. Os resultados obtidos neste trabalho possibilitaram levantar algumas hipóteses quanto a correlações entre características anatômicas foliares e sensibilidade à poluição atmosférica. A caracterização anatômica da folha servirá também como base para o prosseguimento dos estudos sobre injúrias decorrentes do efeito da poluição atmosférica nas espécies nativas.

Tabela 5 - Espécies selecionadas para estudo anatômico

T O L E R A N T E S	<i>Cecropia glazioui</i>	CECROPIACEAE
	<i>Costus spiralis</i>	ZINGIBERACEAE
	<i>Cupania oblongifolia</i>	SAPINDACEAE
	<i>Ficus enormis</i>	MORACEAE
	<i>Ficus insipida</i>	MORACEAE
	<i>Ficus sp</i>	MORACEAE
	<i>Hedychium coronarium</i>	ZINGIBERACEAE
	<i>Miconia cinnamomifolia</i>	MELASTOMATACEAE
	<i>Miconia thaezans</i>	MELASTOMATACEAE
	<i>Monstera adamsonii</i>	ARACEAE
	<i>Philodendron bipinatifidum</i>	ARACEAE
	<i>Philodendron imbe</i>	ARACEAE
	<i>Philodendron sp</i>	ARACEAE
	<i>Piper cernuum</i>	PIPERACEAE
	<i>Syagrus pseudococos</i>	PALMACEAE
	<i>Tibouchina pulchra</i>	MELASTOMATACEAE
	S E N S Í V E I S	<i>Chryptocaria moschata</i>
<i>Chrysophyllum sp</i>		SAPOTACEAE
<i>Euterpe edulis</i>		PALMACEAE
<i>Ocotea odorifera</i>		LAURACEAE
<i>Psidium sp</i>		MYRTACEAE
<i>Pterocarpus rohrii</i>		FABACEAE
<i>Virola oleifera</i>		MYRISTICACEAE
<i>Zigia cauliflora</i>		MIMOSACEAE
<i>Laelia purpurata</i>		ORCHIDACEAE
<i>Miconia cabucu</i>	MELASTOMATACEAE	

3.1. MATERIAIS E MÉTODOS

Os indivíduos "controle" foram coletados no Vale dos Pilões e no viveiro da CETESB e fixados em etanol 70%. As espécies foram submetidas a análises anatômicas no seu plano transversal e paradérmico.

3.1.1. Cortes Transversais

Foram realizados cortes transversais na região da nervura central das folhas selecionadas. Os cortes foram feitos a mão livre com auxílio de lâminas de barbear (gilete) e medula de embaúba, que serviu de suporte.

Os melhores cortes obtidos foram selecionados e clarificados em hipoclorito de sódio 50%, por aproximadamente, 5 minutos.

Os cortes selecionados foram corados pela dupla coloração fucsina básica - azul de alcian. Para isto as peças foram submetidas a clarificação com hipocloreto de sódio, seguida por diversas lavagens em água destilada para eliminar o excesso de clarificante em álcool etílico 50% e ácido acético 1% (mordente) nesta ordem. Em fucsina básica os cortes foram deixados por meio minuto. Em seguida, foram lavados em etanol 50% para depois serem corados em azul de alcian por um minuto. Os cortes foram então lavados em água destilada até não mais eliminar corantes.

As lâminas com os cortes já corados foram montadas com glicerina 50%, cobertas com lamínulas e vedadas com esmalte de unha incolor.

Os cortes foram analisadas quanto aos seus caracteres anatômicos (parênquima, cristais, tricomas, epidermes, etc.) em microscópio óptico e fotografadas com equipamento apropriado (câmara fotográfica acoplada a microscópio óptico).

Algumas espécies foram submetidas a um teste histoquímico, com cloreto férrico, para analisar a possível presença de substâncias fenólicas nestes indivíduos. Para isto foi adicionada uma gota de cloreto férrico à lâmina com o corte transversal da folha a ser analisada.

3.1.2. Cortes Paradérmicos

Várias técnicas foram adaptadas de acordo com as dificuldades apresentadas por cada espécie no processo de destacamento de epidermes.

Para a maioria das espécies, *Costus spiralis*, *Ficus insipida*, *Miconia cinnamomifolia*, *Miconia theaezans*, *Monstera adamsonii*, *Philodendron imbe*, *Philodendron bipinatifidum*, *Philodendron sp.*, *Ecclinusa ramiflorum*, *Chryptocaria moschcata*, *Psidium sp.*, *Pterocarpus violaceus*, *Zigia ramiflorum* e *Laelia purpurata*, foi utilizada uma técnica com sulfato cúprico a 10% e ácido clorídrico a 37%. Pequenos pedaços de folha foram cortados e colocados em um frasco com 2 ml de sulfato cúprico na estufa a 60° e deixados nesta temperatura por um período exigido por cada espécie, variando de 2 a 6 horas. Depois de retiradas da estufa, as epidermes foram separadas de seus parênquimas, quando necessário, com auxílio de pinças e estiletos.

As epidermes de 3 espécies; *Cupania oblongifolia*, *Syagrus pseudococos* e *Virola oleifera* foram obtidas com hipoclorito de sódio 50%. Pedaços das folhas ficaram imersos em hipocloreto por tempo variado até a total dissolução do parênquima permitindo a obtenção das epidermes superior e inferior.

A epiderme inferior de *Hedychium coronarium* e *Ocotea odorifera* foi conseguida com "raspagem" das respectivas epidermes superiores e parênquimas com auxílio de lâminas de barbear até a obtenção apenas da epiderme inferior. O mesmo procedimento foi utilizado para se obter as epiderme superiores.

Entre todas as plantas selecionadas as que mais apresentaram dificuldades no destacamento de epidermes foram *Miconia cabucu*, *Tibouchina pulchra* e *Cecropia glazioui*. Em *Miconia cabucu* foi utilizado o método de Jeffrey, o qual consiste em deixar os pedaços de folhas em solução padronizada por 24 horas. Em *Tibouchina pulchra* e *Cecropia glazioui* não foi possível retirar as epidermes por nenhum dos métodos anteriormente descritos. Por isso, para o estudo dos estômatos de *Tibouchina pulchra* foi confeccionada uma lâmina com um molde de epiderme obtido de uma fina camada de esmalte de unha incolor sobre as duas epidermes da folha, superior e inferior. Para a análise dos estômatos de *Cecropia glazioui* foi realizada uma fotografia em microscópio eletrônico de varredura.

Todas as epidermes obtidas foram coradas com safranina "O" ou 1% em etanol 50%, seguindo os seguintes passos: clarificação em hipoclorito de sódio; lavagens em água destilada; lavagem em álcool 30% e 50% respectivamente; coloração em solução de safranina (tempo variando de 1 minuto a 24 horas - em espécies com paredes celulares muito finas); lavagens em etanol 50% e 70%, respectivamente, e em água destilada até a total eliminação do corante.

Os cortes foram montados entre lâmina e lamínula com glicerina 50% e vedadas com esmalte de unha incolor.

As epidermes, superior e inferior, foram fotografadas sob diversos aumentos, e a análise dos estômatos, contagem e tamanho, foi realizada com auxílio de microscópio óptico com ocular reticulada.

3.2. RESULTADOS

Os resultados obtidos com o estudo anatômico das 26 espécies, já citadas anteriormente, estão representados nas Tabelas 6 a 8. Dados observados nos cortes transversais das folhas estudadas estão relacionados nas Tabelas 6 e 7. As análises feitas a partir dos cortes paradérmicos encontram-se na Tabela 8 e nas fotos 1 a 14.

Tabela 6 - Características anatômicas epidérmicas e parenquimáticas

	ESPÉCIE	parênquima palicádico (nº camadas)	parênquima lacunoso (nº camadas)	epiderme superior (estratificaçã o)	epiderme inferior (estratificaçã o)
T O L E R A N T E S	<i>Cecropia glazioui</i>	1	3-4	*	*
	<i>Costus spiralis</i>	1	4	*	*
	<i>Cupania oblongifolia</i>	1-2	8	uni	uni
	<i>Ficus enormis</i>	3	5-6	*	uni
	<i>Ficus insipida</i>	2	20	*	uni
	<i>Ficus sp</i>	2	15	*	uni
	<i>Hedychium coronarium</i>	2	4-5	*	*
	<i>Miconia cabucu</i>	1	4-5	uni	uni
	<i>Miconia cinnanomifolia</i>	3	7	*	uni
	<i>Miconia thaezans</i>	1	8	*	uni
	<i>Monstera adamsonii</i>	1	9	uni	uni
	<i>Philodendron bipinatifidum</i>	2	10	uni	uni
	<i>Philodendron imbe</i>	4	10	uni	uni
	<i>Philodendron sp</i>	2	10	uni	uni
	<i>Piper cernuum</i>	1	3-4	*	*
<i>Syagrus pseudococos</i>	2	3	*	*	
<i>Tibouchina pulchra</i>	1	8-9	*	uni	
S E N S I V E I S	<i>Chryptocaria moschata</i>	1	8	uni	uni
	<i>Chrysophyllum sp</i>	1	10	uni	uni
	<i>Euterpe edulis</i>	0	5	uni	uni
	<i>Ocotea odorifera</i>	1	6	uni	uni
	<i>Psidium sp</i>	3	10	uni	uni
	<i>Pterocarpus rohrii</i>	1	3	uni	uni
	<i>Virola oleifera</i>	2	6	uni	uni
	<i>Zigia cauliflora</i>	1	6	uni	uni
<i>Laelia purpurata</i>	6	15	uni	uni	

uni: epiderme com uma única camada de células (uniestratificada)

* com células sub-epidérmicas, aquosas, de origem não identificada: seria necessário fazer um estudo de ontogenia para saber ao certo se trata-se de uma epiderme multiestratificada ou de uma epiderme simples com hipoderme subjacente.

Tabela 7 - Características anatômicas observadas nos cortes transversais

	ESPÉCIE	CRISTAIS	TRICOMAS	ESTÔMATOS	FENÓIS
T O L E R A N T E S	<i>Cecropia glazioui</i>	D	inf	hipo	++
	<i>Costus spiralis</i>	----	----	anfi	+
	<i>Cupania oblongifolia</i>	----	----	hipo	+++
	<i>Ficus enormis</i>	C	----	hipo	++
	<i>Ficus insipida</i>	D,R,P,C	inf e sup	hipo	----
	<i>Ficus sp</i>	C	----	hipo	*
	<i>Hedychium coronarium</i>	----	----	anfi	++
	<i>Miconia cabucu</i>	D	inf	hipo	+++
	<i>Miconia cinnanomifolia</i>	D	----	hipo	+++
	<i>Miconia thaezans</i>	D	----	hipo	+
	<i>Monstera adamsonii</i>	D	----	hipo	++
	<i>Philodendron bipinatifidum</i>	R	----	hipo	*
	<i>Philodendron imbe</i>	D,R	----	hipo	++
	<i>Philodendron sp</i>	D	----	hipo	*
	<i>Piper cernuum</i>	R	inf e sup	hipo	++
	<i>Syagrus pseudococos</i>	----	----	hipo	----
	<i>Tibouchina pulchra</i>	D	inf e sup	hipo	----
S E N S Í V E I S	<i>Chryptocaria moschata</i>	----	----	hipo	----
	<i>Chrysophyllum sp</i>	D	----	hipo	+
	<i>Euterpe edulis</i>	R	----	hipo	----
	<i>Ocotea odorifera</i>	----	----	hipo	+
	<i>Psidium sp</i>	D	----	hipo	+++
	<i>Pterocarpus rohrii</i>	----	----	hipo	++
	<i>Virola oleifera</i>	----	----	hipo	++
	<i>Zigia cauliflora</i>	----	----	hipo	+
<i>Laelia purpurata</i>	----	----	hipo	*	

D : Drusa (cristal de oxalato de cálcio)

C : Cristólito (cristal de carbonato de cálcio)

R : Ráfide (cristal de oxalato de cálcio)

P : Prismático (cristal de oxalato de cálcio)

inf: na epiderme inferior

sup: na epiderme superior

hipo: hipoestomática, apresenta estômatos apenas na epiderme inferior

anfi: apresenta estômatos em ambas as epidermes, inferior e superior

---- : não apresenta a característica citada

* : análise não realizada

+, ++, +++ : grau de presença da substância analisada

Tabela 8 - Medidas estomáticas

	ESPÉCIE	número de estômato inferior / superior (por μm^2)	comprimento da fenda inferior / superior (em μm)	diâmetro do estômato inferior / superior (em μm)
T O L E R A N T E S	<i>Cecropia glazioui</i>	*	*	*
	<i>Costus spiralis</i>	0,03 / 0,01	30,40	7,50
	<i>Cupania oblongifolia</i>	0,11	15,00	11,25
	<i>Ficus enormis</i>	*	*	*
	<i>Ficus insipida</i>	0,05	22,80	3,75
	<i>Ficus sp</i>	*	*	*
	<i>Hedychium coronarium</i>	0,04	38,00	15,20
	<i>Miconia cabucu</i>	*	16,00	11,00
	<i>Miconia cinnanomifolia</i>	*	*	*
	<i>Miconia thaezans</i>	*	*	*
	<i>Monstera adamsonii</i>	0,01	33,75	15,00
	<i>Philodendron bipinatifidum</i>	0,03	30,40	15,20
	<i>Philodendron imbe</i>	0,02	30,40	11,25
	<i>Philodendron sp</i>	0,01	30,40	22,80
	<i>Piper cernuum</i>	0,02	38,00	11,25
S E N S I V E I S	<i>Syagrus pseudococos</i>	0,04	22,50	18,75
	<i>Tibouchina pulchra</i>	0,13	15,20	3,75
	<i>Chryptocaria moschata</i>	0,05	6,99	4,66
	<i>Chrysophyllum sp</i>	0,04	18,75	15,00
	<i>Euterpe edulis</i>	0,01	15,00	15,00
	<i>Ocotea odorifera</i>	0,06	18,75	11,25
	<i>Psidium sp</i>	0,05	20,97	11,65
	<i>Pterocarpus rohrii</i>	0,03	22,50	11,25
	<i>Virola oleifera</i>	0,03	18,75	11,25
	<i>Zigia cauliflora</i>	0,05	18,75	11,25
	<i>Laelia purpurata</i>	0,02	22,50	3,75

* Não foi possível a realização da medida devido a dificuldade na obtenção da epiderme da tal espécie

3.3. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Todas as espécies consideradas sensíveis apresentaram epidermes uniestratificadas e ausência de tricomas (Tabelas 6 e 7). Estas características não são, entretanto, exclusivas do grupo de espécies sensíveis, havendo a ocorrência de epidermes inferiores e superiores uniestratificadas em 6 espécies tolerantes estudadas e de mais 5 espécies tolerantes com uniestratificação epidérmica apenas na superfície superior. A ausência de tricomas, foi observada também em 5 espécies tolerantes.

Os cristais de oxalato de cálcio, drusas, prismas e ráfides ocorrem tanto em espécies tolerantes quanto em espécies sensíveis apesar de, em geral, ocorrerem com maior quantidade nas primeiras (exceção para *Psidium sp* em cujos cortes foram observadas várias drusas). Cristais de carbonato de cálcio, em compensação só foram observados em espécies da família Moraceae, *Ficus insipida*, *Ficus enormis* e *Ficus sp*, que são consideradas altamente tolerantes (Tabela 7).

Os cortes paradérmicos permitiram a obtenção de dados sobre a densidade estomática e o tamanho dos estômatos das espécies estudadas. Na Tabela 8 foram organizadas todas estas medidas estomáticas e, a partir delas, foi realizado um estudo que relaciona densidade e tamanho estomático com acumulação de poluentes atmosféricos e trocas gasosas (vide item 6 deste relatório).

Quanto às outras características estudadas, parênquima (paliádico e lacunoso), fenóis e posição dos estômatos, não foi possível estabelecer uma correlação entre estas e a sensibilidade das espécies à poluição atmosférica.

Cabe ressaltar que as características anatômicas das plantas estudadas, não expostas à poluição, refletem aspectos ecológicos das espécies e não podem ser consideradas como adaptações ao stress por poluição. Por outro lado, esta caracterização anatômica permitirá avaliar alterações provodadas pela poluição por meio de estudos comparativos e constitui um subsídio importante para a interpretação dos processos fisiológicos e ecológicos relacionados aos efeitos dos poluentes sobre a vegetação.

4. CARACTERIZAÇÃO DAS TROCAS GASOSAS

Entende-se como trocas gasosas processos fisiológicos vitais tais como fotossíntese, respiração, alocação de carbono e função estomatal que são reconhecidamente afetados pela poluição atmosférica (BUSTAMANTE, 1988; APLEGATE, 1960; HOU, L. HILL, 1977; Mc LAUGHLIN, 1983). Uma extensa faixa de sensibilidade de fotossíntese, tanto intra como inter específica é verificada na literatura como sendo afetada por poluentes como dióxido de enxofre, ozônio, óxidos de nitrogênio e fluoreto.

O estudo de trocas gasosas em plantas é amplamente difundido para plantas cultivadas (BUSTAMANTE, 1988; APLEGATE, 1960; HOU, L. HILL, 1977; Mc LAUGHLIN, 1983), plantas do cerrado (PRADO, 1991; KANNO, 1993, SANTOS, 1994), entre outras. Pouco se conhece sobre as trocas gasosas de espécies da Mata Atlântica, expostas à poluição. Alguns trabalhos pontuais, como o realizado em Cubatão (KLUMPP, 1995) retratam essa realidade.

Em cooperação, especialistas em estudo de trocas gasosas das plantas (UFSCar) e em estudos de efeitos de poluição sobre a vegetação (CETESB), geraram informações sobre os danos causados nas plantas, a nível metabólico, ou seja avaliação de injúrias não visíveis, as quais são apresentadas a seguir.

Tal trabalho constituiu-se de 3 campanhas de 1 semana cada uma, para medir as trocas gasosas de plantas envasadas em três locais diferentes (Figura 2).

A primeira campanha caracterizou o comportamento das trocas gasosas em espécies de diferentes estágios sucessionais, antes de sua exposição à poluição. A segunda e terceira campanhas avaliaram as trocas gasosas, no inverno e verão, respectivamente, após as plantas terem sido expostas à poluição.

Este item refere-se aos resultados obtidos na primeira campanha, de caráter mais exploratório, a fim de caracterizar as espécies quanto aos aspectos fisiológicos inerentes às mesmas, sendo realizada no Vale dos Pilões (área controle), antes das plantas serem expostas à poluição.

O objetivo deste trabalho é estudar as trocas gasosas de CO₂ e vapor d'água de espécies da Mata Atlântica, sob condições ótimas, em plantas jovens (18 meses), por meio dos seguintes parâmetros:

- capacidade fotossintética (valor máximo de fotossíntese que a planta realiza), que fornece idéia do máximo da assimilação de carbono da planta;

- curso diário dos valores da fotossíntese líquida (CO₂ assimilado por unidade de área foliar, em um determinado espaço de tempo, menos a quantidade perdida pela respiração), da condutância estomática (capacidade de condução de vapor d'água pelos estômatos) e da transpiração (perda de água das plantas através de sua parte aérea, na forma de vapor). Fornecem o período de maior assimilação de carbono da planta;
- potencial hídrico foliar (antes do amanhecer e às 10:00 horas): refere-se a medida de energia da água na folha, verificando se a planta está sob estresse hídrico ou não.

4.1. MATERIAIS E MÉTODOS

Estudou-se 11 espécies de plantas jovens, com 18 meses de idade, da Mata Atlântica, envasadas, cujas características são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Caracterização das espécies da Mata Atlântica em Cubatão, utilizadas para estudos de fotossíntese

	ESPÉCIE	FAMÍLIA *	HÁBITO E PORTE	VELOCIDADE DE CRESCIMENTO	TOLERÂNCIA À SOMBRA	GRUPO ECOLÓGICO DE SUCESSÃO **
H E R B Á C E A S	<i>Costus spiralis</i> ***	Costaceae	erva terrestre 1,00-1,5m	rápido	tolerante	climáxica
	<i>Hedychium coronarium</i>	Zingiberaceae	erva terrestre 0,80-1,40m	rápido	pouco tolerante (heliófila)	pioneira
	<i>Laelia purpurata</i>	Orchidaceae	erva epífita	lento	tolerante (ciófila)	climáxica
	<i>Philodendron sp</i>	Araceae	erva escandante	médio	tolerante	secundária
A R B Ó R E A S	<i>Cecropia glazioui</i> ***	Cecropiaceae	árvore 10-12m	rápido	intolerante (heliófila)	pioneira
	<i>Cryptocarya moschata</i> ***	Lauraceae	árvore 20-30m	médio	tolerante	climáxica
	<i>Crysophyllum sp</i> ***	Sapotaceae	árvore até 15m	médio	tolerante	secundária
	<i>Euterpe edulis</i> ***	Arecaceae	palmeira até 25m	médio	tolerante	climáxica
	<i>Ficus sp</i> ***	Moraceae	árvore 10-20m	médio	indiferente	secundária
	<i>Piper cernuum</i> ***	Piperaceae	arbusto ou arvoreta até 6m	médio	tolerante (ciófila)	secundária
	<i>Psidium cattleianum</i> ***	Myrtaceae	arbusto ou arvoreta até 6m	médio	tolerante (heliófila)	secundária
	<i>Pterocarpus rohrii</i> ***	Fabaceae	árvore até 14m	médio	pouco tolerante (heliófila)	secundária
	<i>Tibouchina pulchra</i> ***	Melastomatacae	árvore até 20m	rápido	intolerante (heliófila)	pioneira
	<i>Virola oleifera</i>	Myristicaceae	árvore 30-35m	médio	pouco tolerante (heliófila)	secundária
<i>Zigia cauliflora</i> ***	Mimosaceae	árvore mediana	médio	tolerante	secundária	

* Segundo CRONQUIST (1981)
 ** Baseado em BUDOWSKI (1965)
 *** Espécies cujos dados foram analisados neste trabalho

Essas plantas foram cultivadas em vasos contendo cerca de 10Kg de solo do interior de mata e mantidos em condições de capacidade de campo, sob tela de sombrite (50%), na região do Vale dos Pilões, Cubatão- SP, área controle, por um período de 18 meses.

As trocas gasosas foram determinadas com um sistema portátil de análise gasosa, por infravermelho (ADC - LCA - 2, conforme metodologia descrita por PRADO, MORAES e MATTOS, 1994) no mês de setembro de 1993, enquanto que os valores do potencial hídrico foliar foram determinados com uma Câmara de Pressão (SCHOLANDER, 1965) antes do amanhecer e às 10:00 horas.

Dentre as 15 plantas envasadas somente 11 estavam em condições de serem avaliadas, tendo em vista limitações de ordem morfológica, com limbo foliar muito espesso ou muito piloso.

4.2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.2.1. Capacidade Fotossintética. Ponto de Compensação à Luz e Radiação de Saturação

Verifica-se pela Tabela 10 e Figuras 12A,12B,12C,12D, que dentre as espécies estudadas, a *Cecropia glazioui*, a *Tibouchina pulchra* e a *Ficus sp* apresentaram maior capacidade fotossintética (entre 8,44 e 17,99 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), *Costus spiralis*, *Cryptocarya moschata*, *Euterpe edulis*, *Psidium cattleianum*, *Zigia Cauliflora*, *Pterocarpus violaceus* e *Piper cernuum* apresentaram valores intermediários (entre 6,01 e 7,19 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) enquanto que *Crysophyllum sp* apresentou os menores valores (3,90 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

Tabela 10 - Parâmetros de trocas gasosas em espécies da Mata Atlântica: capacidade fotossintética, ponto de compensação à luz, radiação de saturação à 70%, condutância estomática.

ESPÉCIE	capacidade fotossintética $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	ponto de compensação a luz $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Radiação da Saturação 70% $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	Gs(máximo) $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
<i>Cecropia glazioui</i>	17,99	28,46	599	0,50
<i>Tibouchina pulchra</i>	10,74	30,29	320	0,28
<i>Ficus sp</i>	8,44	48,50	370	0,20
<i>Costus spiralis</i>	6,04	19,89	240	0,06
<i>Cryptocarya moschata</i>	7,19	14,51	290	0,16
<i>Euterpe edulis</i>	6,05	23,09	520	0,09
<i>Psidium cattleianum</i>	6,41	75,66	385	0,12
<i>Zigia cauliflora</i>	5,73	37,82	280	0,14
<i>Pterocarpus violaceus</i>	6,01	---	400	0,10
<i>Piper cernuum</i>	6,15	29,73	190	0,09
<i>Crysophyllum sp</i>	3,90	---	---	0,13

BAZZAZ (1991) compilou dados de vários trabalhos com plantas florestais tropicais e verificou que a fotossíntese líquida máxima, sob ótimas condições variou de 2,8 a 27,7 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Esses dados também indicam que as espécies de habitats abertos e ensolarados têm capacidade fotossintéticas mais altas do que aquelas de habitats mais sombreados.

Das plantas estudadas no presente trabalho, as espécies heliófitas pioneiras *Cecropia glazioui* e *Tibouchina pulchra* apresentaram as maiores taxas fotossintéticas, confirmando dados de BAZZAZ and PICKET (1980) e BAZZAZ (1984) que concluíram que as espécies pioneiras tem maior capacidade fotossintética na floresta. No entanto, as espécies *Psidium cattleianum* e *Pterocarpus violaceus* (também heliófitas, mas secundárias) apresentaram valores de capacidade fotossintética semelhantes aos das espécies tolerantes à sombra (climácicas ou secundárias), como *Costus spiralis*, *Cryptocarya moschata*, *Euterpe edulis*, *Piper cernuum* e *Zigia cauliflora*. Outra espécie que apresentou alto valor de capacidade fotossintética foi a espécie secundária *Ficus sp* que é considerada indiferente quanto à tolerância à sombra. *Cryosophyllum sp* classificada como secundária e tolerante à sombra (Tabela 9), apresentou os menores valores de capacidade fotossintética.

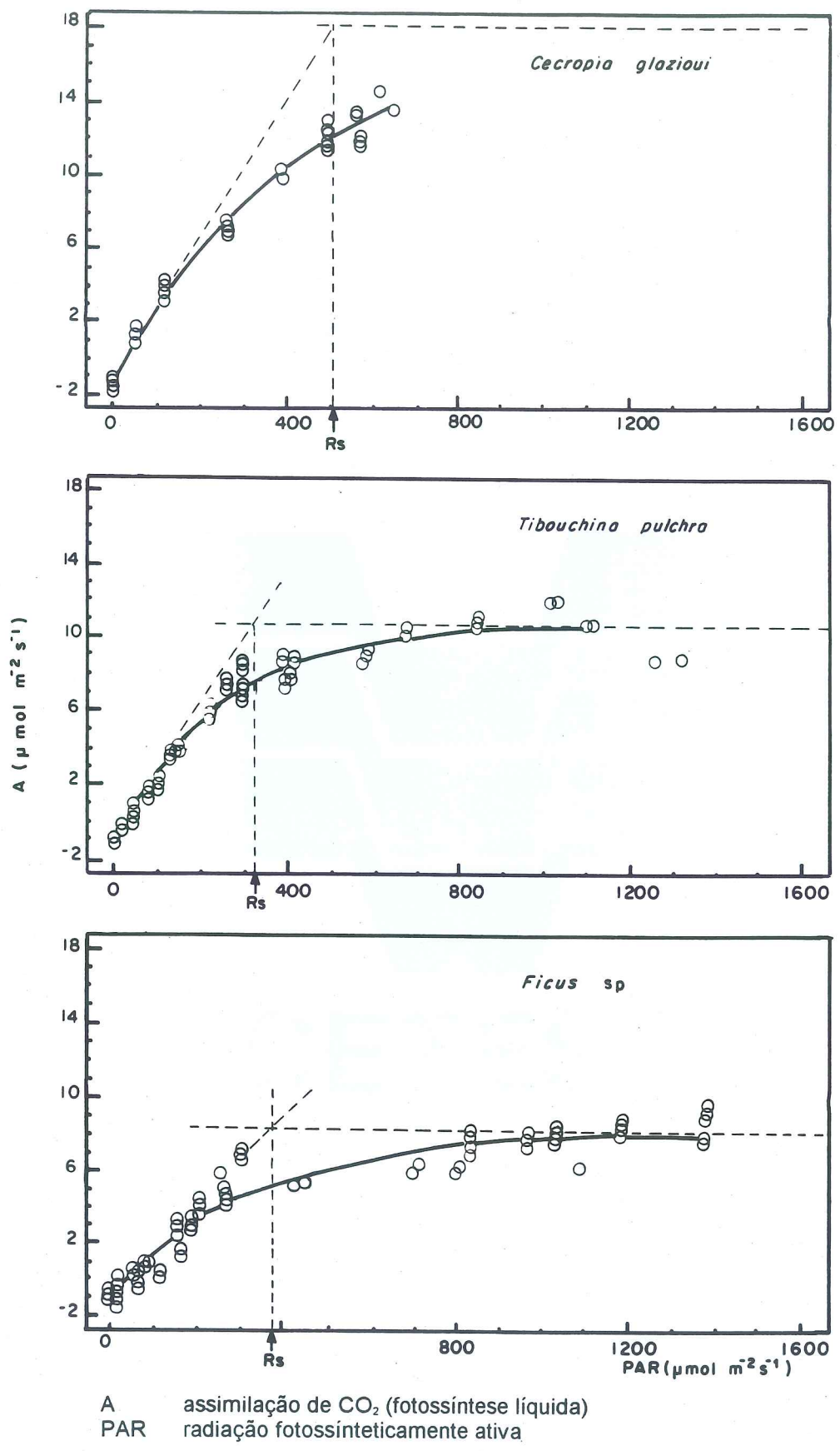


Figura 12A - Curva de Saturação de Espécies da Mata Atlântica

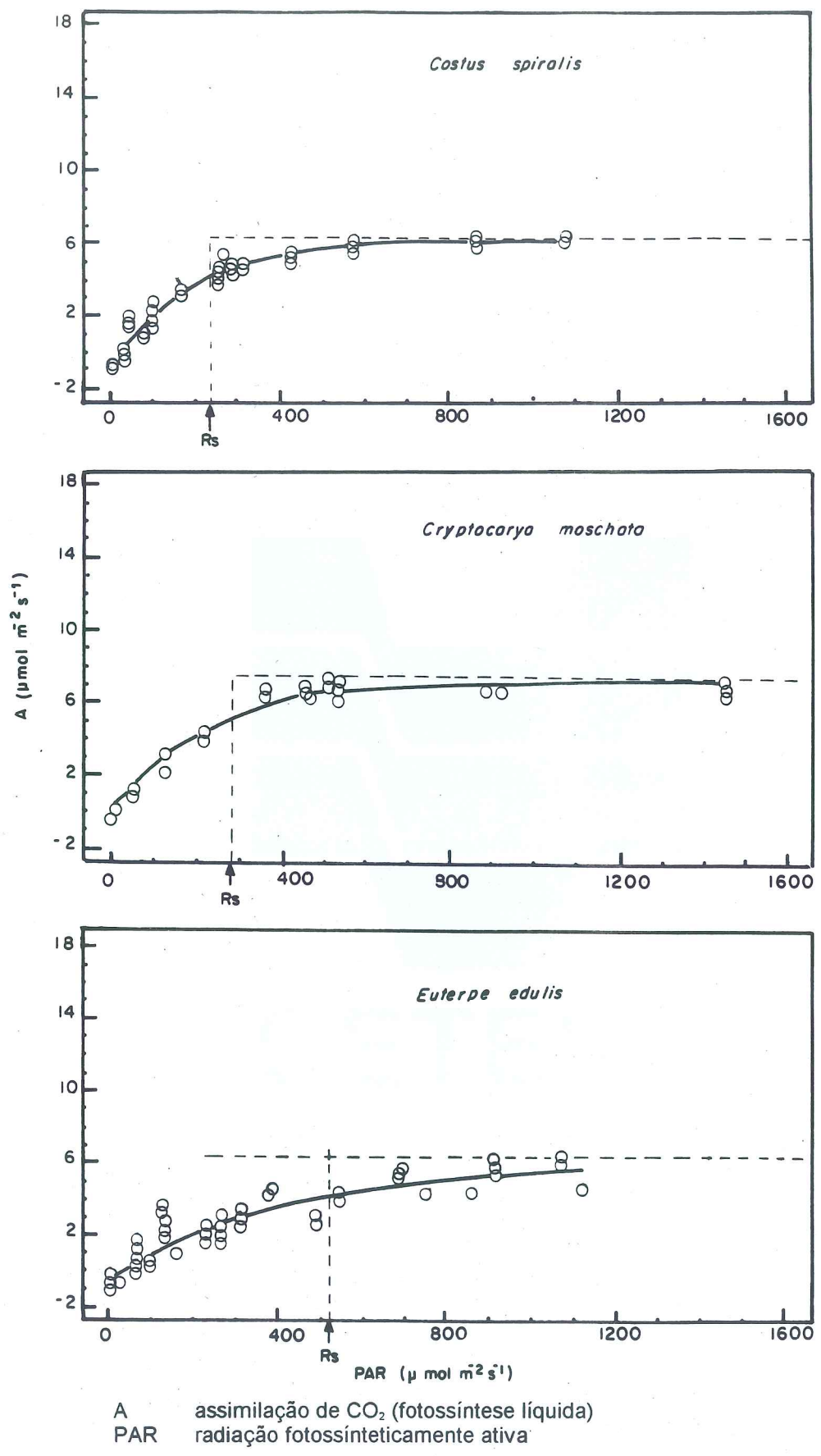


Figura 12B - Curva de Saturação de Espécies da Mata Atlântica

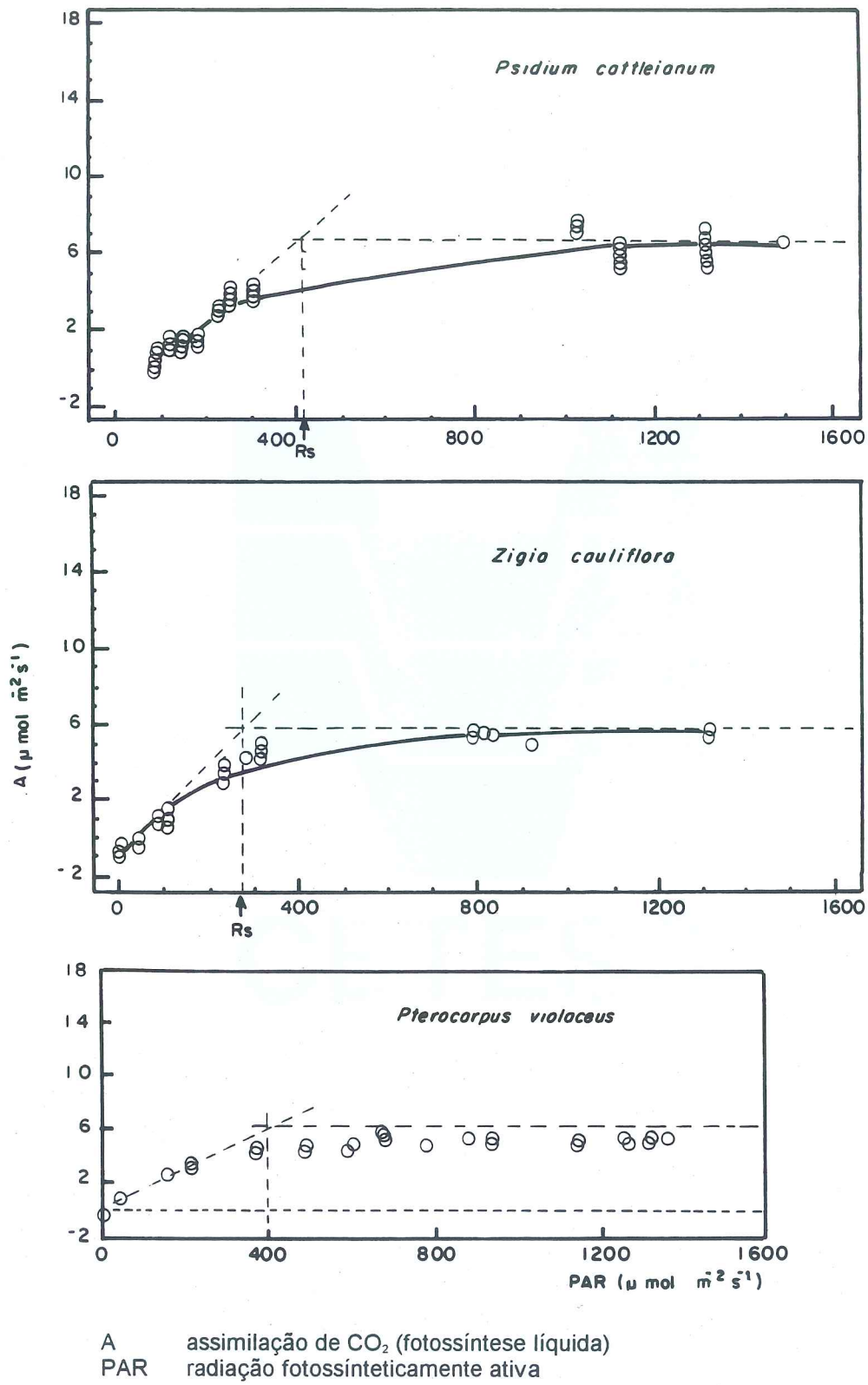
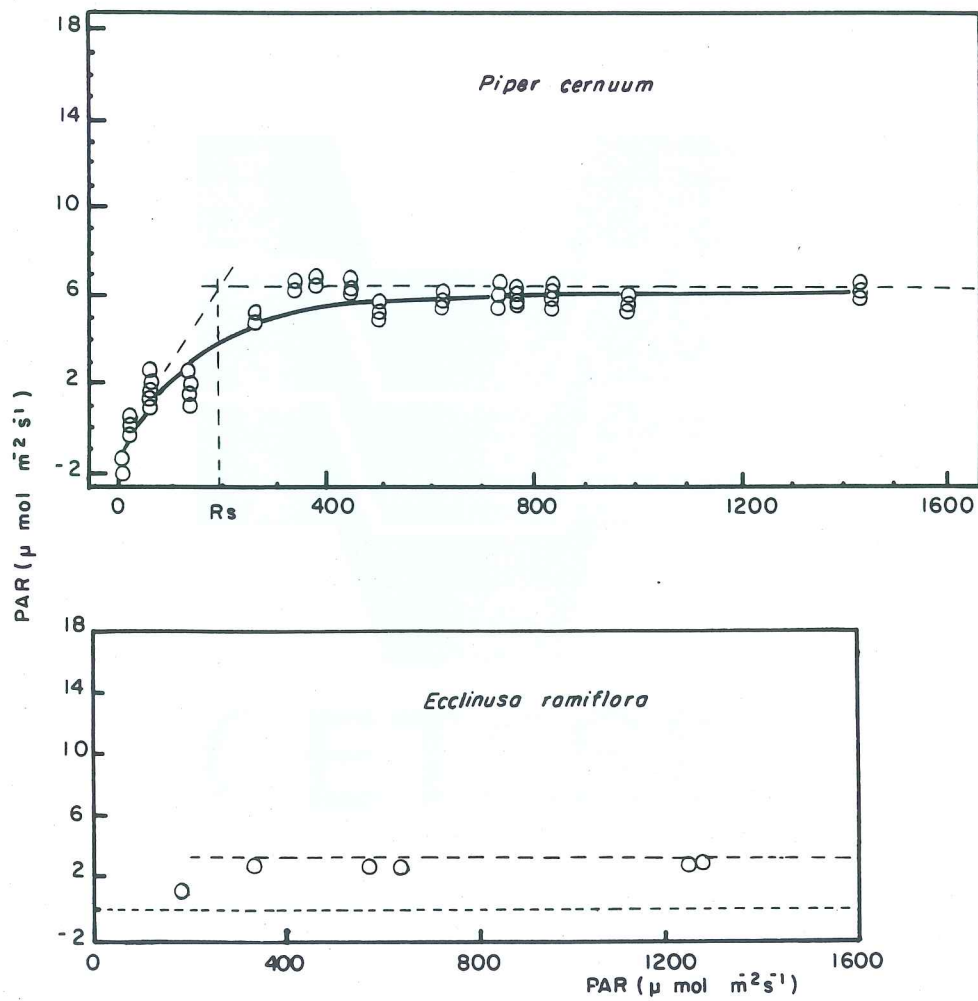


Figura 12C - Curva de Saturação de Espécies da Mata Atlântica



A assimilação de CO_2 (fotossíntese líquida)
 PAR radiação fotossinteticamente ativa

Figura 12D - Curva de Saturação de Espécies da Mata Atlântica

Os valores do ponto de compensação à luz variaram de 14,5 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (*Cryptocaria moschata*) a 75,66 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (*Psidium cattleianum*). Esses valores são maiores que aqueles encontrados por PEARCY & CALKIN (1983) para espécies florestais cultivadas em condições de sombra (10% de luz) evidenciando a adaptabilidade do ponto de compensação à radiação luminosa em que as plantas foram cultivadas (50% de luz no presente trabalho).

A radiação de saturação (70% da fotossíntese máxima) variou nas espécies estudadas de 190 a 520 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, sendo os maiores valores encontrados em *Euterpe edulis* e *Cecropia glazioui* e o menor em *Crysophyllum sp.*

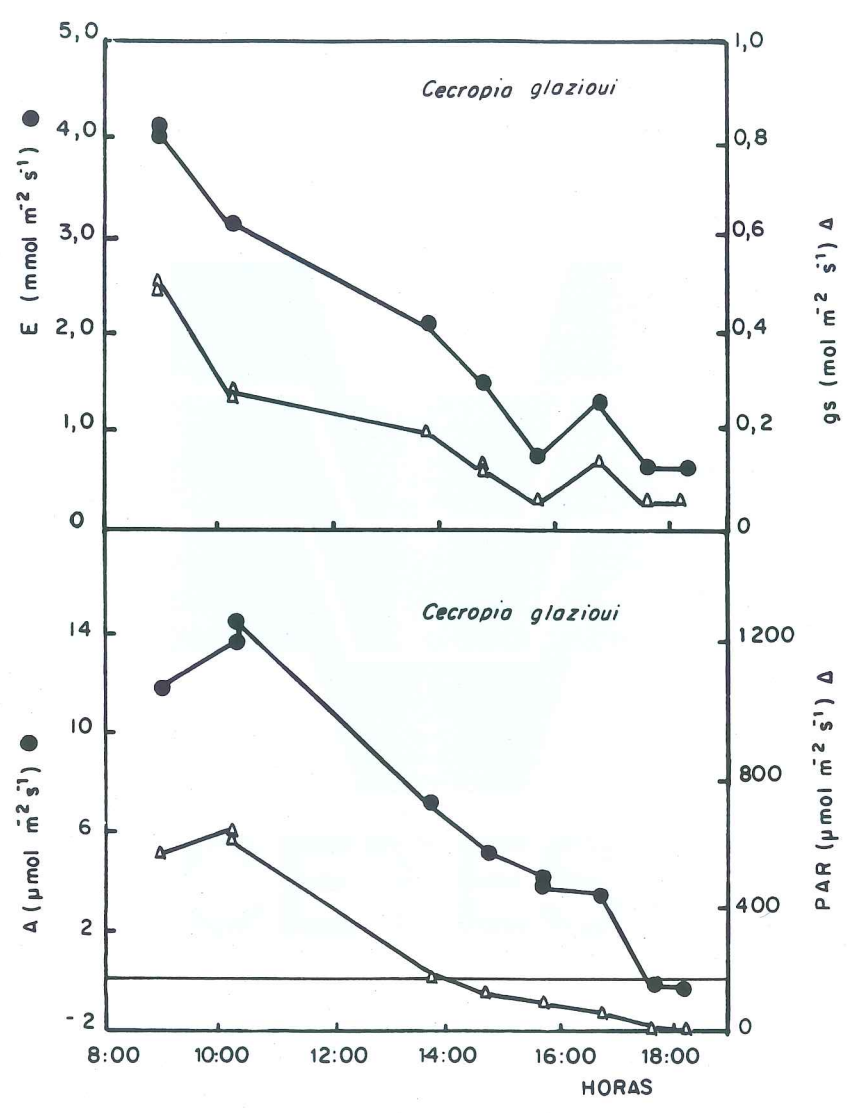
Verifica-se também, pela Tabela 10 que as espécies que apresentaram maior capacidade fotossintética foram aquelas que mostraram maiores valores máximos de condutância estomática (entre 0,20 a 0,50 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$).

4.2.2. Cursos Diários da Fotossíntese Líquida, da Condutância Estomática e da Transpiração e Potencial Hídrico foliar

Pelas Figuras 13A, 13B, 13C, verifica-se que em *Cecropia glazioui*, *Tibouchina pulchra* e *Ficus sp.*, a fotossíntese atingiu valores máximos pela manhã, quando a intensidade luminosa era mais alta, diminuindo acentuadamente durante o decorrer do dia, quando a radiação solar também decresceu. Os valores da condutância estomática e da transpiração acompanharam os valores da fotossíntese líquida. Em *Pterocarpus rohrii*, *Costus spiralis*, *Cryptocarya moschata*, *Euterpe edulis* e *Psidium cattleianum* (Figuras 13D, 13E, 13F, 13G, 13H, respectivamente), os valores da fotossíntese líquida foram mais ou menos constantes durante todo o decorrer do dia, só diminuindo próximo ao entardecer. A condutância estomática manteve-se também constante e baixa durante todo o dia e os valores da transpiração foram maiores pela manhã, declinando a partir do meio dia. Em *Zigia cauliflora*, *Piper cernuum* e *Crysophyllum sp.* (Figuras 13I, 13J, 13K, respectivamente) obtiveram os maiores valores de fotossíntese líquida e condutância pela manhã e esses valores foram declinando gradualmente após o meio dia. A transpiração foi mais alta pela manhã, declinando gradualmente após o meio dia.

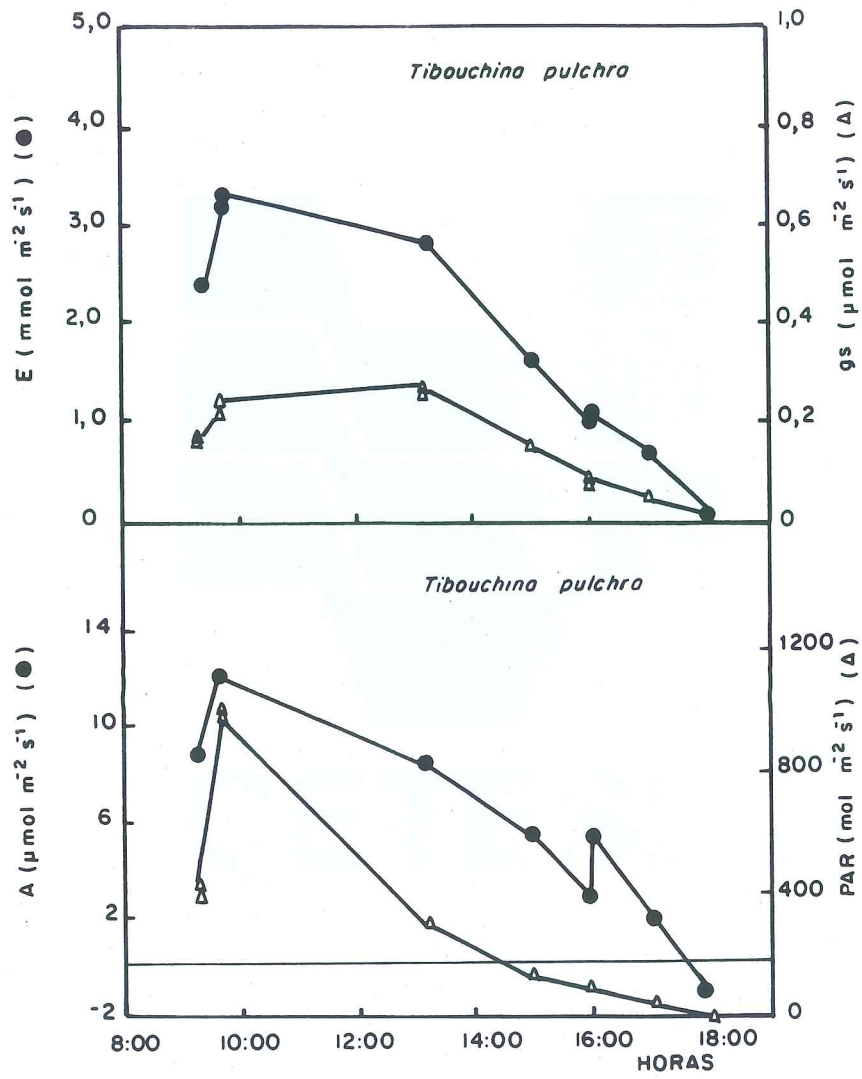
PEARCY & CALKIN (1983) verificaram em espécies de florestas tropicais que os estômatos aumentam sua condutância até próximo ao máximo nas primeiras horas da manhã permanecendo mais ou menos constante durante todo o dia, mesmo quando os níveis de luz mudam drasticamente. Neste trabalho esse fato não ocorreu nas espécies estudadas que apresentaram maior taxa fotossintética, como *Cecropia glazioui*, *Tibouchina pulchra* e *Ficus sp.*, onde verificou-se mudança abrupta da condutância estomática em função da variação da radiação solar.

Os valores do potencial hídrico foliar (Tabela 11) antes do amanhecer foram bastante altos em todas as espécies estudadas (entre -0,05 a 0,35 MPa) concordando com aqueles obtidos por RUNDEL apud ROBICHAUX (1984), que encontrou valores de -0,2 a -0,35 MPa em espécies florestais do Panamá. Às 10 horas os valores do potencial hídrico foliar diminuíram, variando de -0,20 a -1,80 MPa, sugerindo boas condições hídricas durante a realização dos experimentos.



E	transpiração foliar	A	Assimilação de CO ₂
gs	condutância estomática	(fotossíntese líquida)	
		PAR	Radiação fotossinteticamente
			ativa

Figura 13A - Curva de Saturação de Espécies da Mata Atlântica

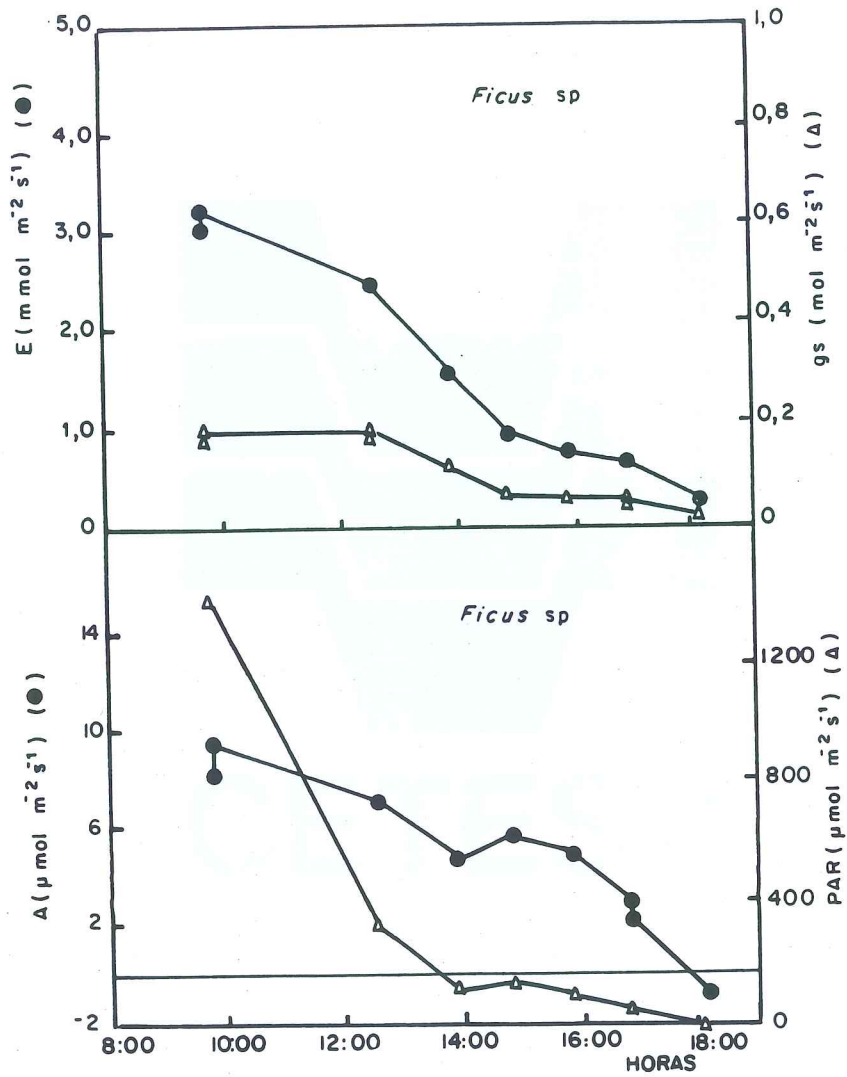


E transpiração foliar
gs condutância estomática

A Assimilação de CO₂
(fotossíntese líquida)

PAR Radiação fotossinteticamente
ativa

Figura 13B - Curva de Saturação de Espécies da Mata Atlântica

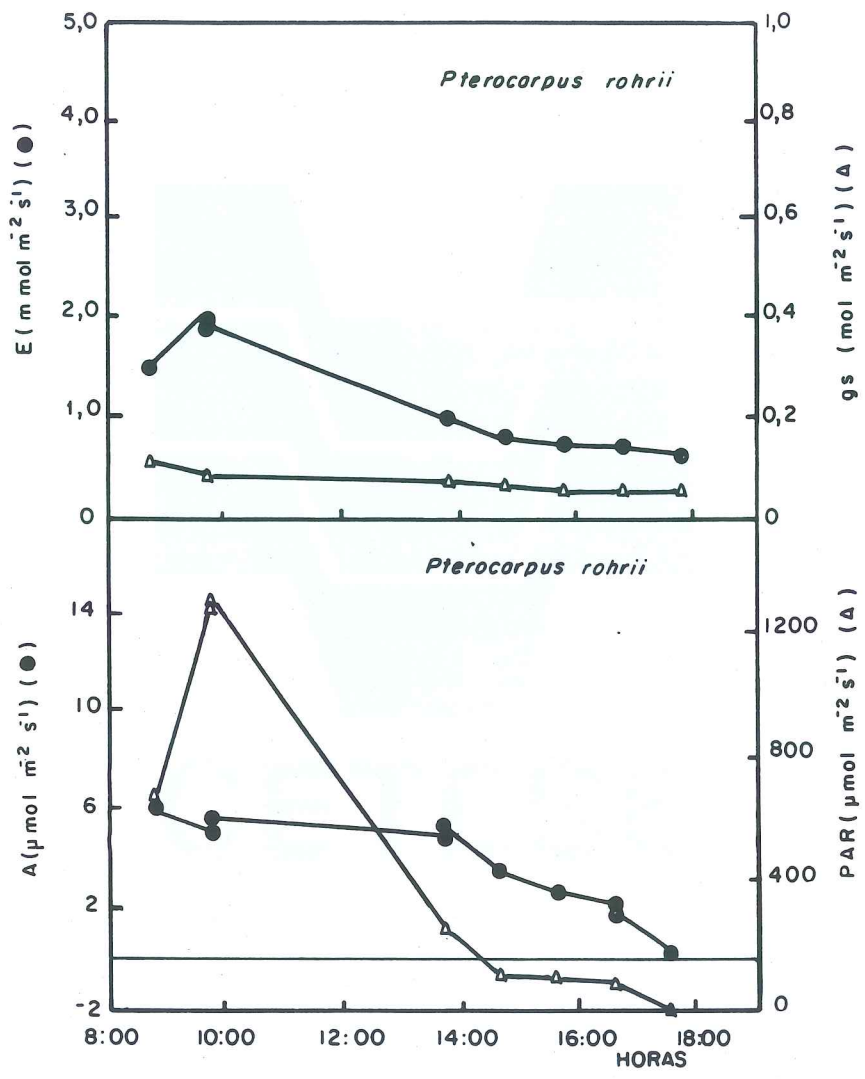


E transpiração foliar
 gs condutância estomática

A Assimilação de CO₂
 (fotossíntese líquida)

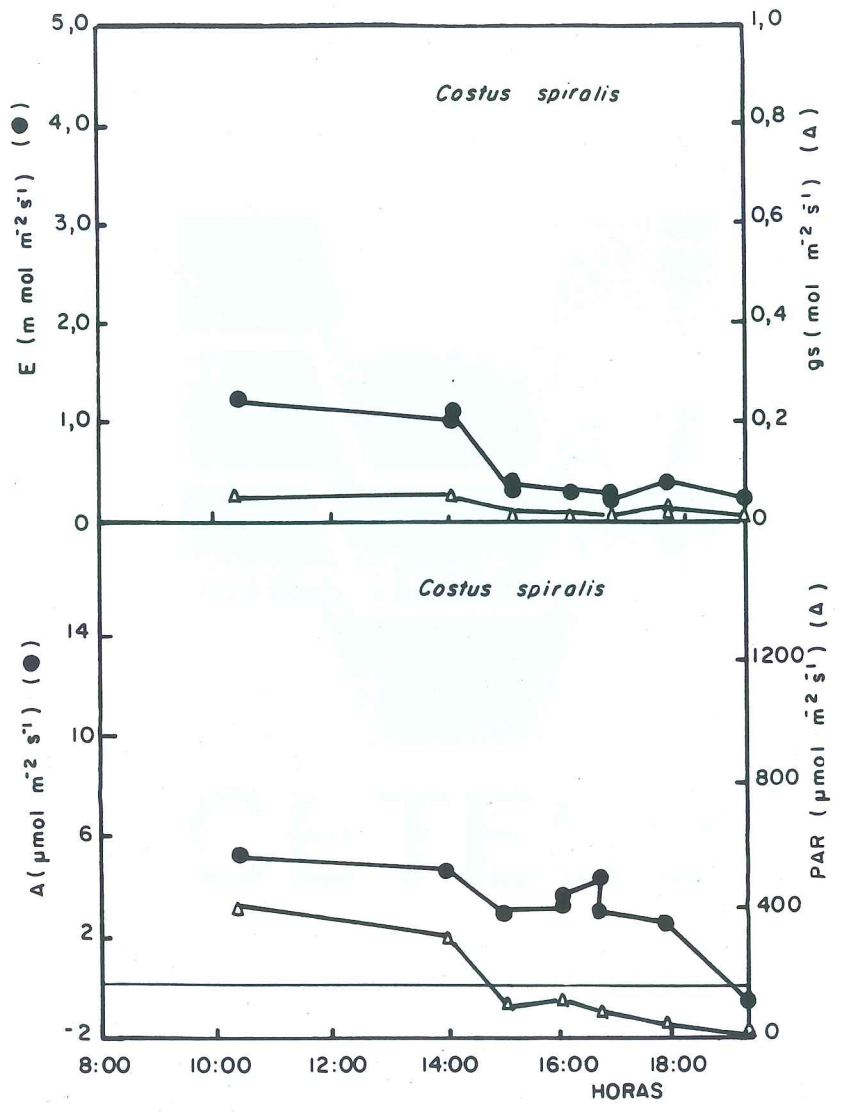
PAR Radiação fotossinteticamente
 ativa

Figura 13C - Curva de Saturação de Espécies da Mata Atlântica



E	transpiração foliar	A	Assimilação de CO ₂
gs	condutância estomática	(fotossíntese líquida)	
		PAR	Radiação fotossinteticamente
			ativa

Figura 13D - Curva de Saturação de Espécies da Mata Atlântica

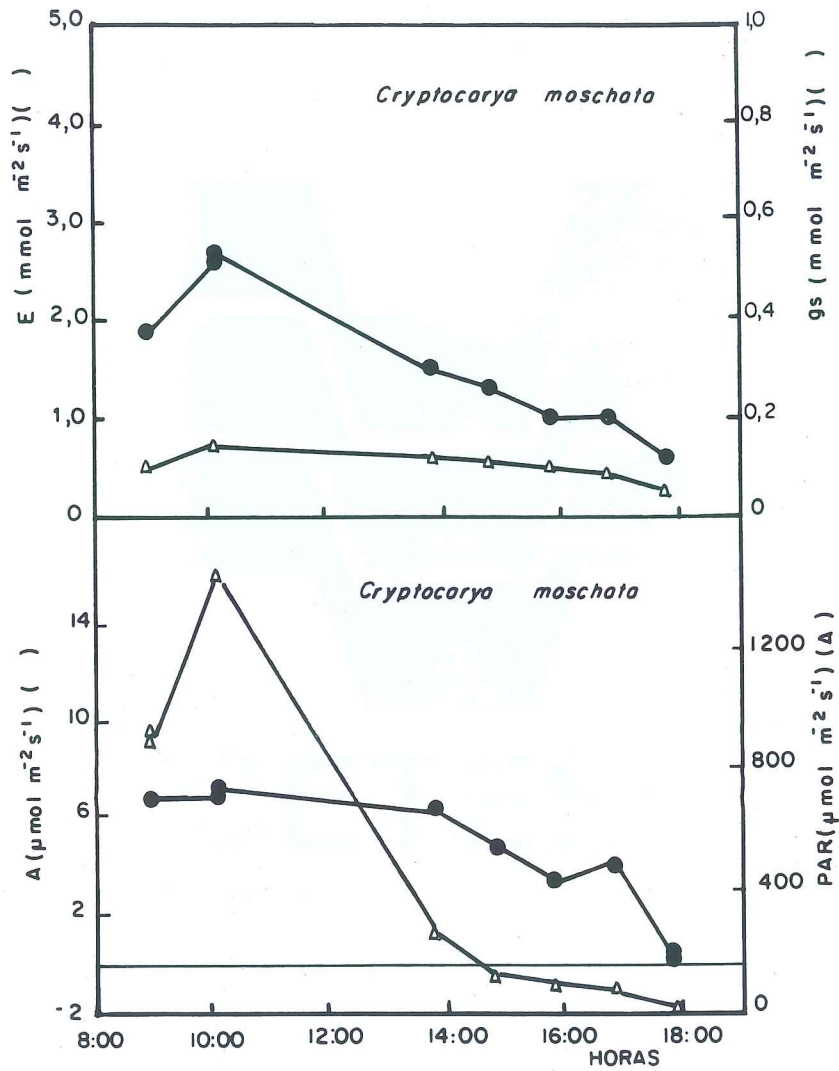


E transpiração foliar
gs condutância estomática

A Assimilação de CO₂
(fotossíntese líquida)

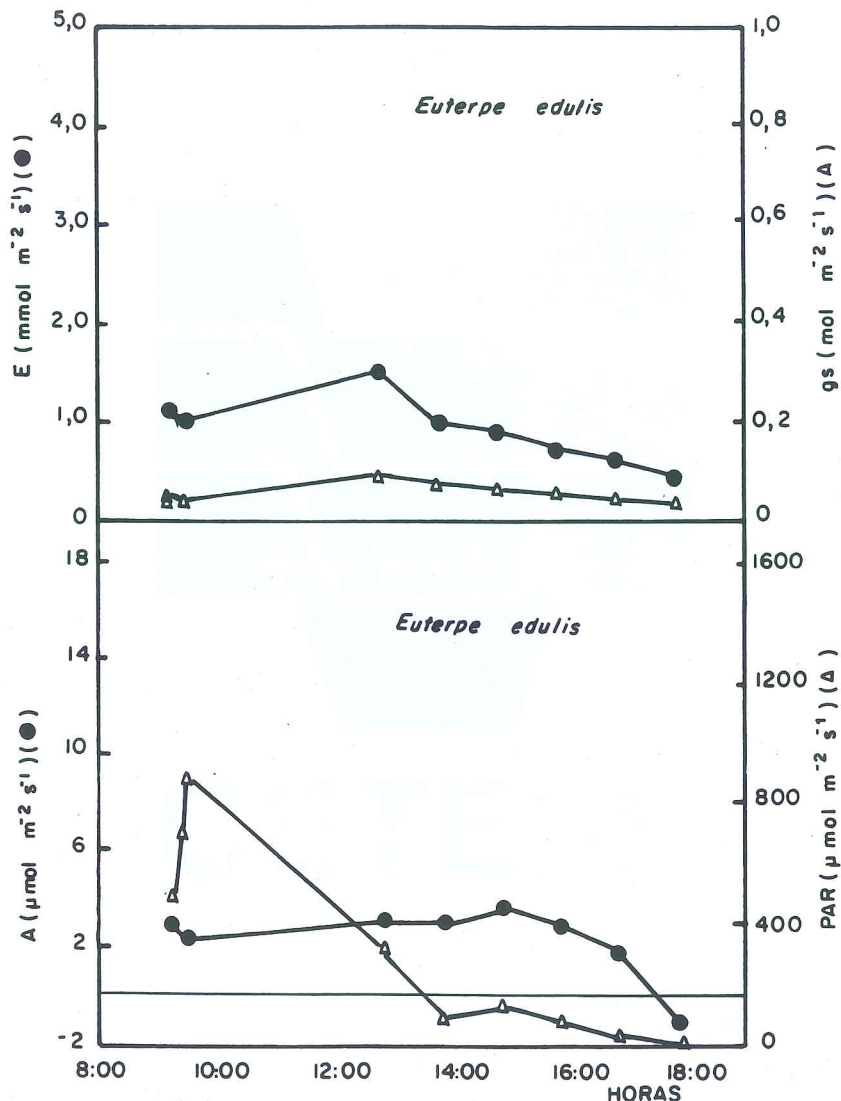
PAR Radiação fotossinteticamente
ativa

Figura 13E - Curva de Saturação de Espécies da Mata Atlântica



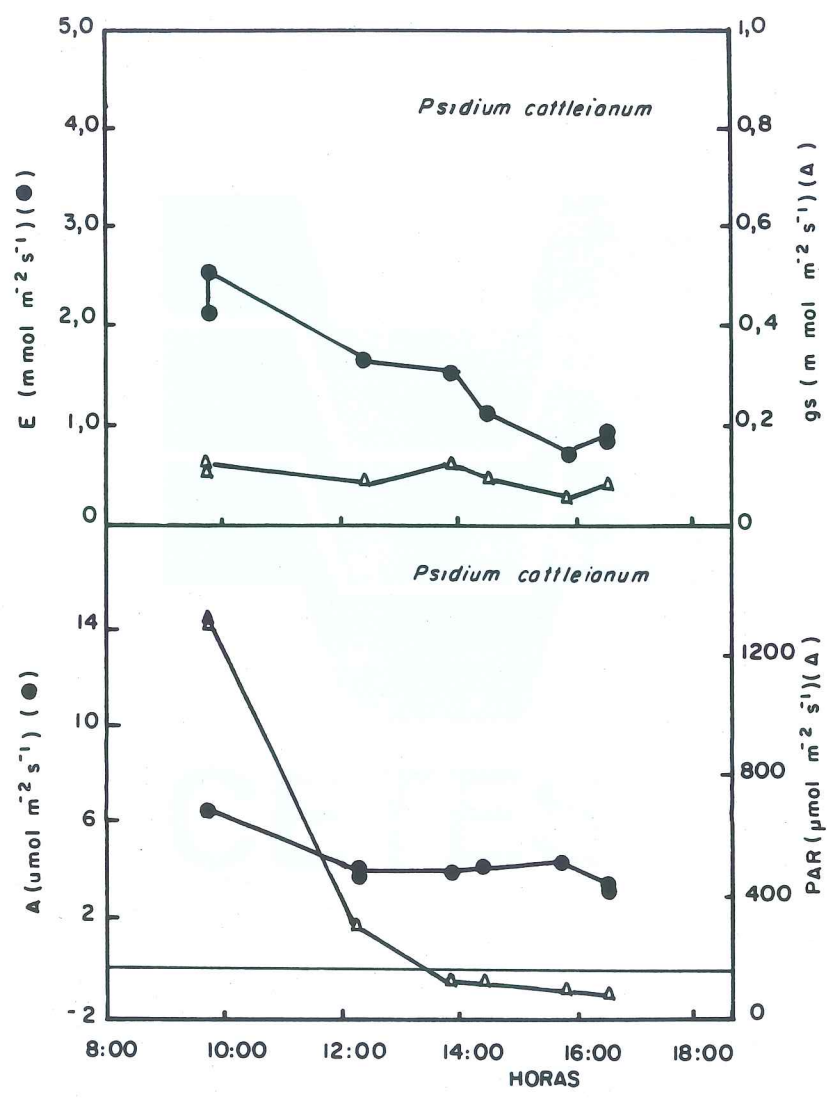
E	transpiração foliar	A	Assimilação de CO ₂ (fotossíntese líquida)
gs	condutância estomática	PAR	Radiação fotossinteticamente ativa

Figura 13F - Curva de Saturação de Espécies da Mata Atlântica



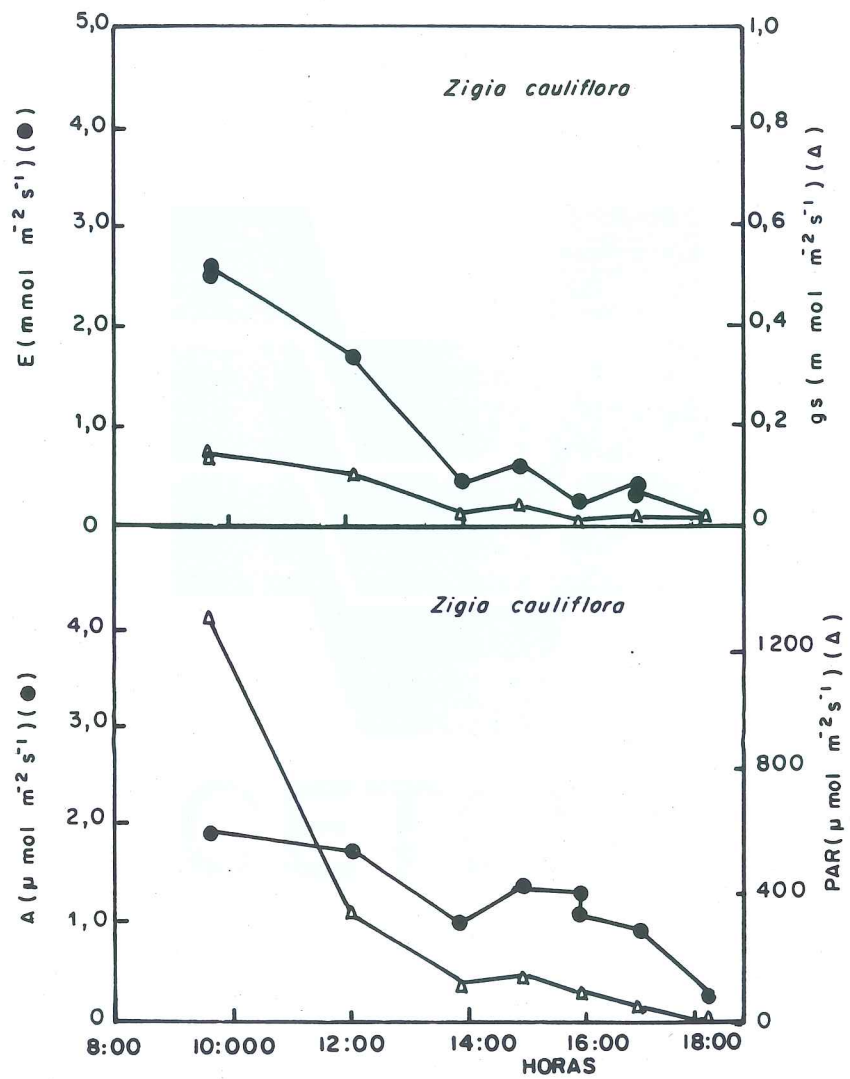
E	transpiração foliar	A	Assimilação de CO ₂
gs	condutância estomática	(fotossíntese líquida)	
		PAR	Radiação fotossinteticamente
			ativa

Figura 13G - Curva de Saturação de Espécies da Mata Atlântica



E	transpiração foliar	A	Assimilação de CO ₂
gs	condutância estomática		(fotossíntese líquida)
		PAR	Radiação fotossinteticamente
			ativa

Figura 13H - Curva de Saturação de Espécies da Mata Atlântica

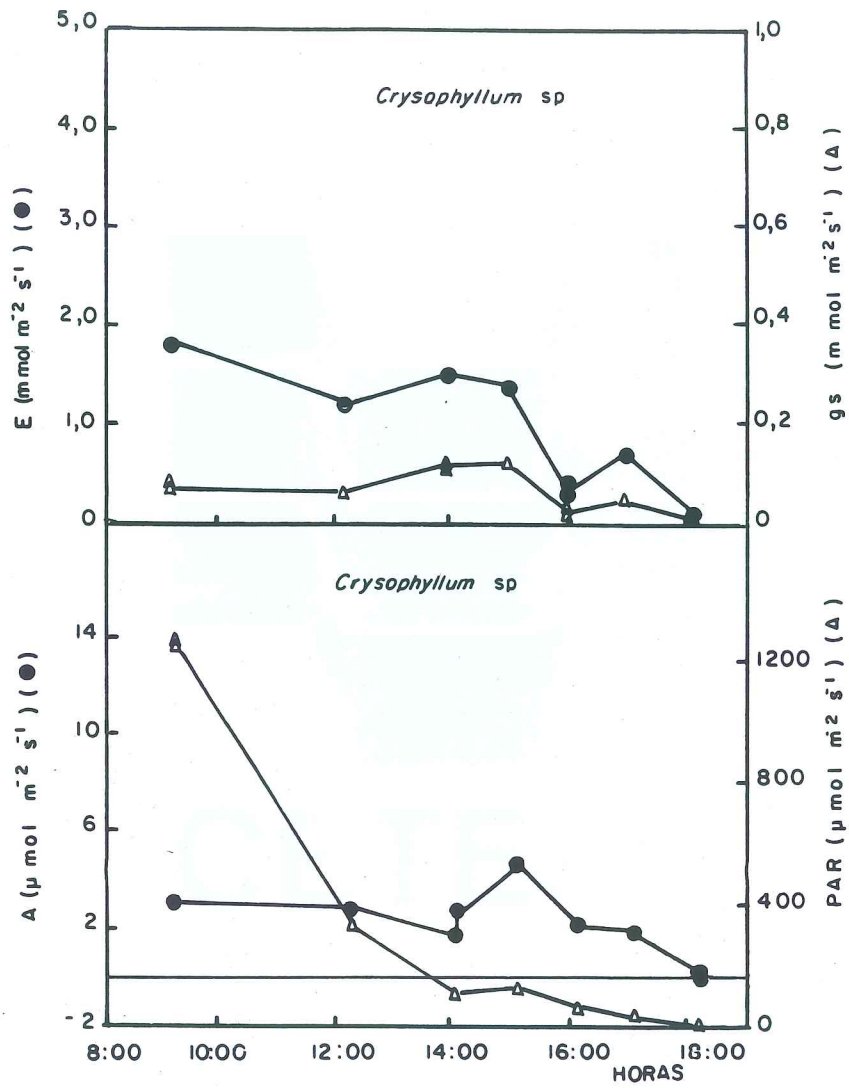


E transpiração foliar
gs condutância estomática

A Assimilação de CO₂
(fotossíntese líquida)

PAR Radiação fotossinteticamente
ativa

Figura 13l - Curva de Saturação de Espécies da Mata Atlântica



E transpiração foliar
gs condutância estomática

A Assimilação de CO₂
(fotossíntese líquida)
PAR Radiação fotossinteticamente
ativa

Figura 13K - Curva de Saturação de Espécies da Mata Atlântica

Tabela 11 - Potencial hídrico de espécies da Mata Atlântica

ESPÉCIES	Potencial Hídrico Y (MPa) a.a.	Potencial Hídrico Y (MPa) 10:00 h
<i>Cecropia glazioui</i>	-0,20	-0,70
<i>Tibouchina pulchra</i>	-0,15	-1,25
<i>Ficus sp</i>	-0,10	-0,20
<i>Costus spiralis</i>	-0,05	-0,70
<i>Cryptocarya moschata</i>	-0,20	-1,10
<i>Euterpe edulis</i>	-0,25	-2,00
<i>Psidium cattleianum</i>	-0,20	-1,80
<i>Zigia cauliflora</i>	-0,15	-0,95
<i>Pterocarpus violaceus</i>	-0,35	-1,20
<i>Piper cernuum</i>	-0,20	-0,80
<i>Crysophyllum sp</i>	-0,30	-1,05

aa - antes do amanhecer

4.3. CONCLUSÃO

Os dados permitiram correlacionar a capacidade fotossintética aos grupos ecológicos de sucessão a que pertencem as espécies: as plantas de maior capacidade fotossintética pertencem aos estágios iniciais de sucessão secundária da Mata Atlântica, enquanto as demais, com exceção de *Psidium cattleianum*, apresentam um caráter mais ciófilo (facilidade de adaptação à sombra), colonizando áreas em estágios mais avançados de sucessão.

A capacidade fotossintética de *Psidium cattleianum*, considerada baixa para uma espécie heliófila deve-se, possivelmente, ao seu cultivo a meia sombra.

Essas observações preliminares caracterizam o comportamento das espécies quanto a algumas respostas fisiológicas, na área controle. Após serem submetidas à poluição por 10 e 18 meses, nos viveiros do Vale do Moji e Caminho do Mar será feita a interpretação dos dados obtidos das plantas. Desta forma será possível a avaliação de danos ou prejuízos ao metabolismo das plantas, antes mesmo de injúrias visíveis serem detectadas.

5. ASPECTOS BIOQUÍMICOS

Como resposta a mudanças ambientais, as plantas desenvolvem mecanismos químicos de defesa apropriados contra as pressões a que são submetidas. Algumas alterações metabólicas marcantes podem indicar modificação ambiental (VINCENT, 1990).

Seguindo a linha experimental para investigação dos efeitos de poluentes primários apresentada em fluxograma (Figura 1), foram feitas análises bioquímicas para se averiguar possíveis alterações metabólicas em plantas que não apresentavam injúrias visíveis. Essas alterações podem indicar se elas se encontram em estado de estresse, o que pode trazer futuros danos ao seu ciclo vital. A correlação entre a alteração metabólica e o poluente que a provocou pode selecionar bioindicadores vegetais de poluentes atmosféricos.

No que se refere ao metabolismo vegetal, não há ainda consenso quanto a alterações dos metabólitos primários e secundários como resposta específica a determinadas condições ambientais. Alguns autores (RABE, 1990; STEWART, 1980; VINCENT, 1990) consideram as alterações dos metabólitos primários como indicação das interações do vegetal com o meio. Outros (HASLAM, 1989), acreditam que a interação vegetal-ambiente provoca alterações dos metabólitos secundários. Há ainda pesquisadores (VICKERY, 1981) que consideram arbitrária a distinção entre metabólitos primários e secundários.

Esta etapa do estudo procurou avaliar o efeito da poluição atmosférica sobre o teor foliar de metabólitos primários (aminoácidos livres) e secundários (taninos e ácido ascórbico) em plantas consideradas resistentes à poluição.

Aminoácidos e outros compostos nitrogenados solúveis exercem papéis essenciais no metabolismo da planta. Por serem os principais produtos da assimilação do nitrogênio e precursores de proteínas e ácidos nucleicos, há interesse na investigação da influência do estresse ambiental sobre seu metabolismo.

Numerosos estudos observaram que plantas sujeitas a estresse ambiental apresentam acúmulo de aminoácidos livres. Esse acúmulo foi observado em diferentes tipos de estresse: hídrico, osmótico, por temperatura, por acidez intracelular, patológico, por injeção exógena de amônia, por deficiência mineral e por poluentes atmosféricos (DOHMEN, 1990; MIFLIN, 1980; RABE, 1990; VINCENT, 1990). Um denominador comum dentre a maioria destas condições de estresse é a redução da taxa de crescimento do vegetal. Como não há inibição retroativa da absorção de nitrogênio, a falta de processos anabólicos (síntese proteica e crescimento) leva a um acúmulo de amônia e subsequente destoxificação desta por meio de compostos nitrogenados como aminoácidos livres, aminas e amidas (MIFLIN, 1980; RABE, 1990) (Figura 14).

Há correlações entre a capacidade de algumas plantas em acumular compostos nitrogenados específicos e sua habilidade em tolerar ou resistir a um determinado estresse ambiental (STEWART, 1980).

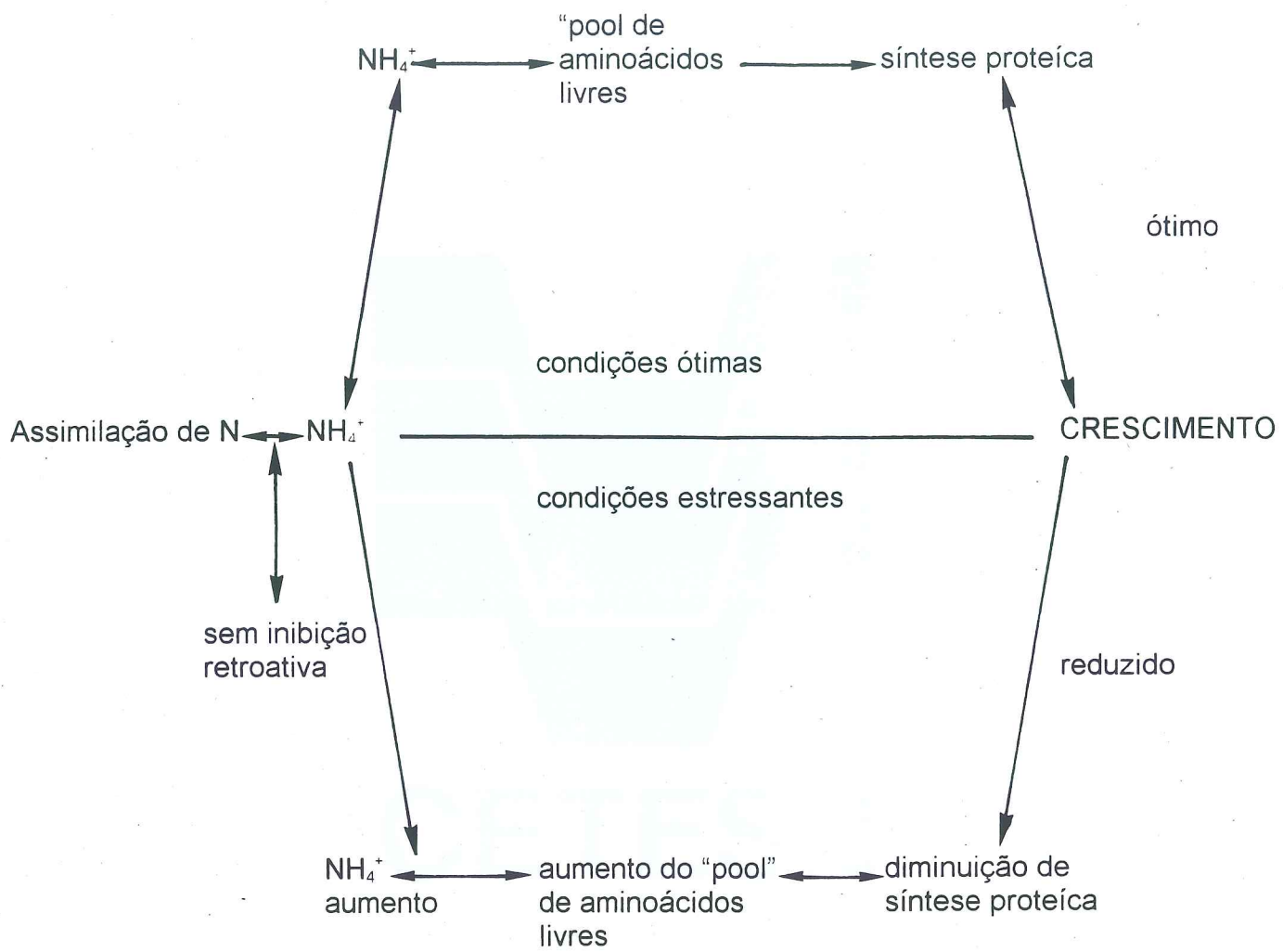


Figura 14 - Delineamento esquemático de hipóteses
fonte: RABE (1990)

Os taninos ocorrem esporadicamente em organismos vivos e parecem não ter papel metabólico explícito na economia do organismo que o produz. Não há evidências de que taninos tenham alguma função no processo fisiológico dos vegetais, mas desempenham um papel ecológico. HASLAM (1989) menciona que taninos têm efeito deletério em larvas (*Operophtera brumata*) e conferem à planta imunidade natural contra certas doenças fúngicas e viróticas. Estes compostos acumulam-se nas células adjacentes às infectadas pelo agente patológico (VICKERY, 1981).

É geralmente reconhecido que a biossíntese de compostos fenólicos, tais como os taninos, pode ser influenciada por fatores ambientais estressantes, mas poucos estudos relacionam classes específicas de compostos fenólicos com específicas alterações de fatores externos.

Ácido ascórbico é um importante intermediário no metabolismo de carboidratos em plantas e animais. Faz parte de mecanismos de proteção contra estresse oxidativo provocado pela geração de radicais livres. Alterações nesse sistema podem servir como indicadores dos danos pela poluição ambiental, mais especificamente dos provocados por poluentes oxidantes.

5.1. MATERIAIS E MÉTODOS

Os locais de origem das plantas coletadas em campo foram Vale do Moji, Caminho do Mar e Vale dos Pilões nas encostas da Serra do Mar em Cubatão - São Paulo, já caracterizados na apresentação deste relatório.

Nesta etapa do projeto foram selecionadas quinze espécies resistentes e comumente encontradas na Serra do Mar, região de Cubatão. Dentre essas quinze espécies, por limitação de recursos, foi possível a análise bioquímica de sete espécies (Tabela 12).

Tabela 12 - Espécies da Mata Atlântica selecionadas para análise do teor foliar de aminoácidos

ESPÉCIE	FAMÍLIA	HÁBITO
<i>Cecropia glazioui</i>	Cecropiaceae	árvore
× <i>Costus spiralis</i>	Costaceae	erva terrestre
<i>Ficus insipida</i>	Moraceae	árvore
× <i>Miconia cabucu</i> *	Melastomataceae	árvore
× <i>Philodendron imbe</i>	Araceae	liana/epífita
<i>Piper cernuum</i>	Piperaceae	arbusto
× <i>Tibouchina pulchra</i>	Melastomataceae	árvore

* atualmente não é encontrada no Vale do Moji

As amostras foram encaminhadas para análise no Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP.

Para análises bioquímicas, as folhas foram coletadas de posição padrão, congeladas em campo, liofilizadas e moídas.

Para determinação de aminoácidos livres, as folhas já moídas foram submetidas a uma extração com NaCl 0,1 M. O extrato proteico assim obtido foi purificado por precipitação das proteínas com ácido sulfossalicílico. Os aminoácidos livres foram analisados por cromatografia de troca iônica em autoanalisador (Beckman). Juntamente com aminoácidos livres, foram determinadas as concentrações de amônia, ácido cisteico e sulfóxidos.

Para determinação de taninos, as folhas já moídas foram submetidas ao método PRICE et al (1978) mediante ensaio modificado de vanilina.

Para determinação de ácido ascórbico, as folhas já moídas foram analisadas pelo método microfluorimétrico descrito pela AOAC (1984). Foi testado tempo de prateleira das amostras para ácido ascórbico.

5.2. RESULTADOS

Determinou-se o teor de aminoácidos livres das espécies oriundas da região controle e observou-se que esta composição é característica para cada espécie; mesmo assim, foi observada predominância, em todas as espécies, de ácido glutâmico, glutamina, ácido aspártico e asparagina livres (Figs. 15 e 16).

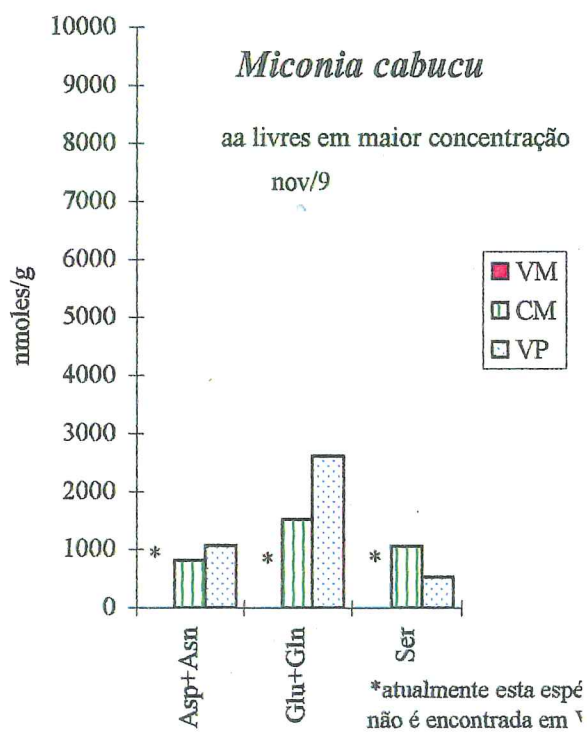
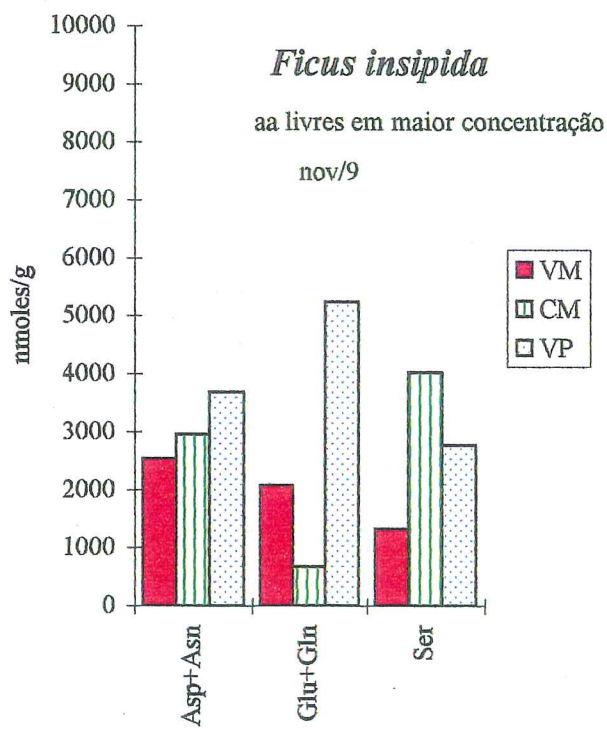
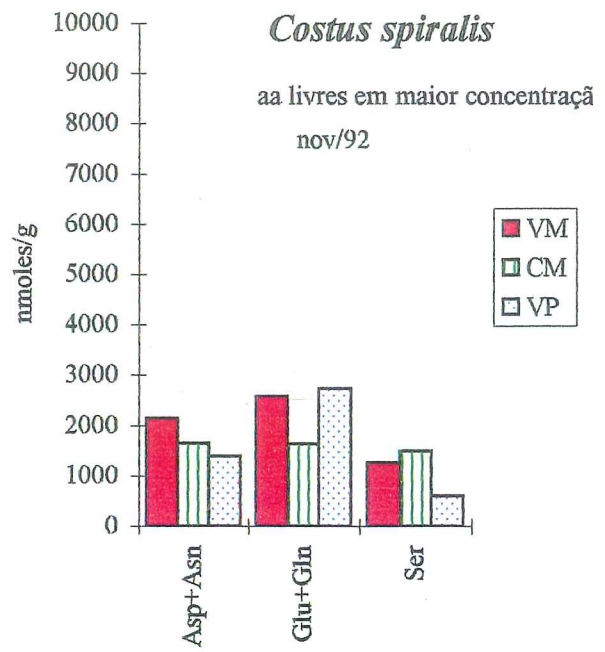
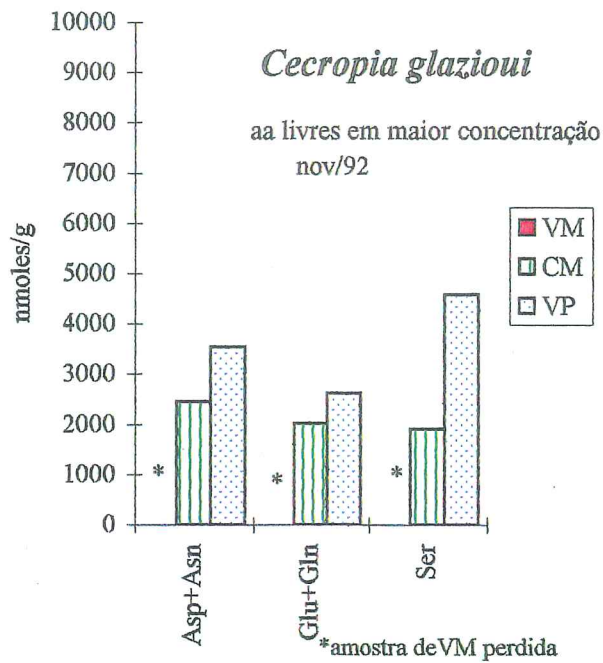


Figura 15 - Aminoácidos livres em maior concentração nas espécies selecionadas da Mata Atlântica (VM - Vale do Moji; CM - Caminho do Mar; VP - Vale dos Pilões)

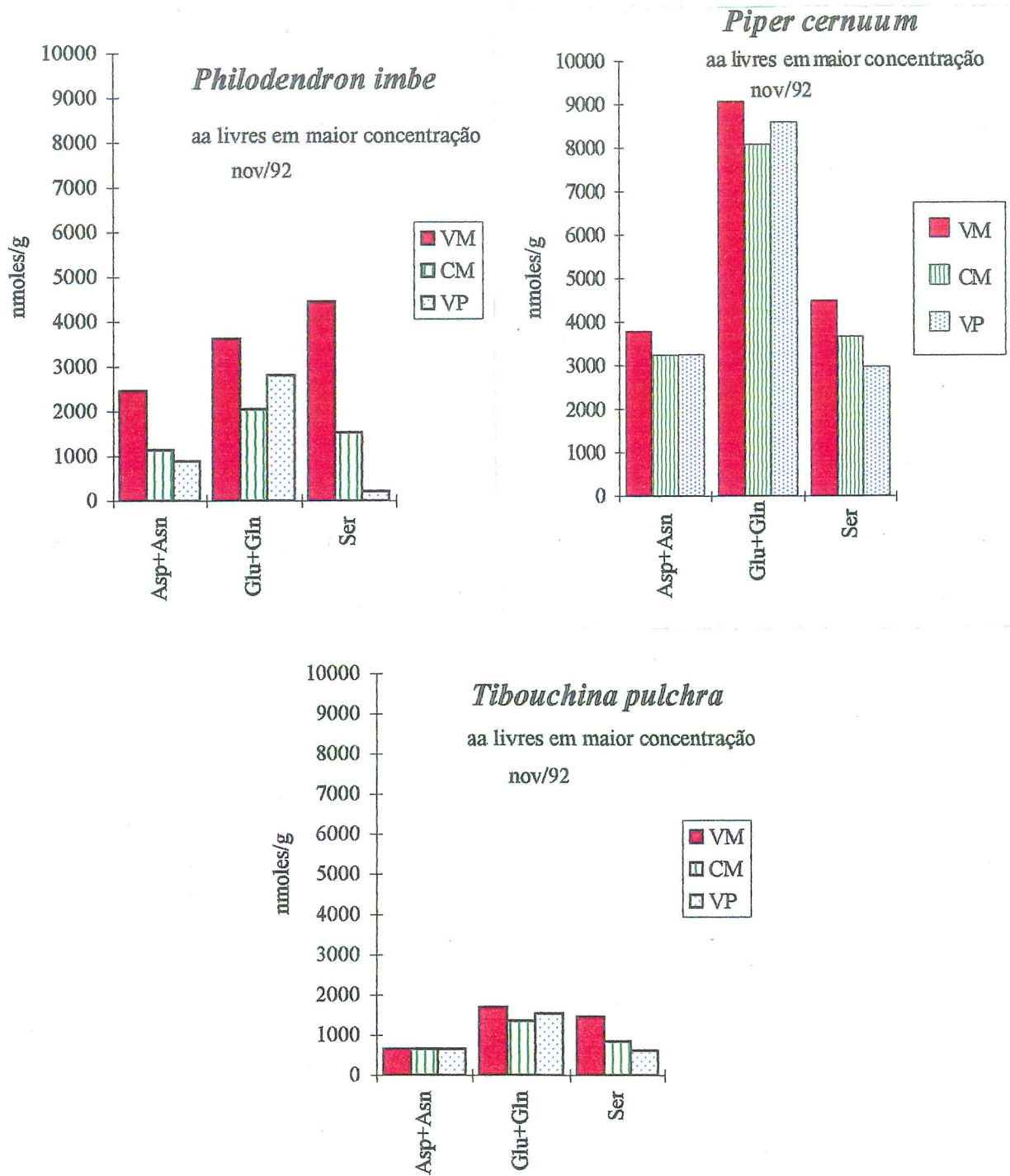


Figura 16 - Aminoácidos livres em maior concentração nas espécies selecionadas da Mata Atlântica (VM - Vale do Moji; CM - Caminho do Mar; VP - Vale dos Pilões)

Quatro das sete espécies estudadas apresentam acúmulo de aminoácidos livres nas áreas poluídas em relação à área controle (Figura 17).

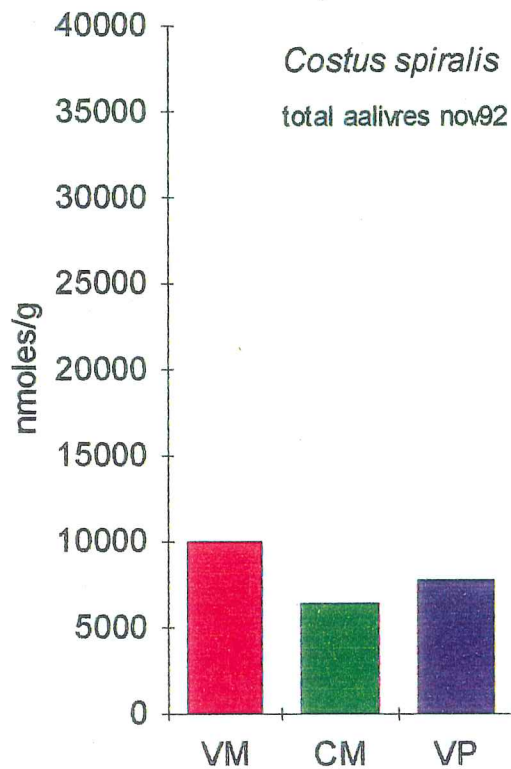
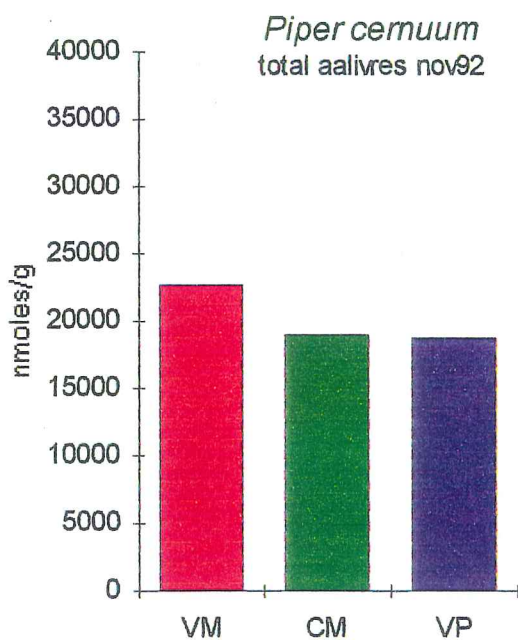
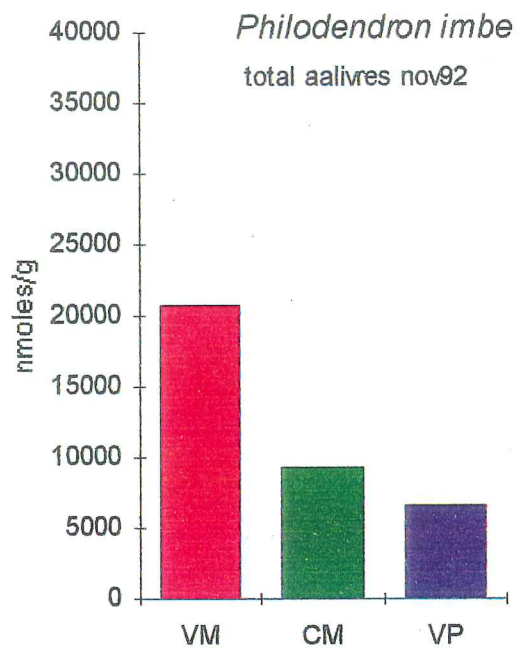
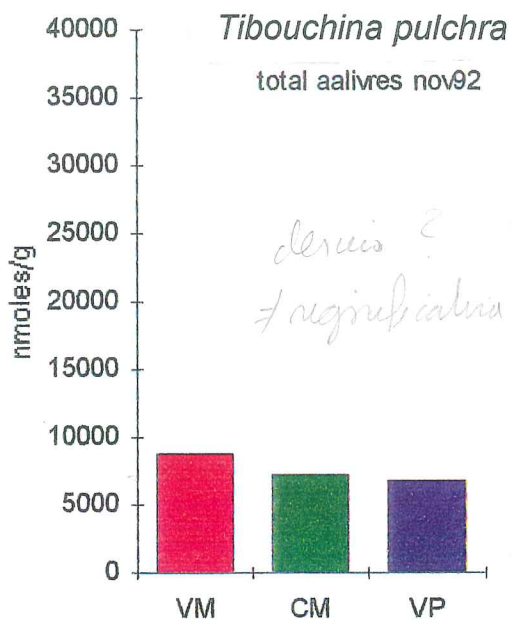


Figura 17 - Espécies selecionadas da Mata Atlântica que apresentam acúmulo de aminoácidos livres nas áreas poluídas (VM - Vale do Moji; CM - Caminho do Mar; VP - Vale dos Pilões)

Três das espécies estudadas, *Ficus insipida*, *Cecropia glazioui* e *Miconia cabucu*, apresentam maior concentração de aminoácidos livres na área controle que nas áreas poluídas (Figura 18).

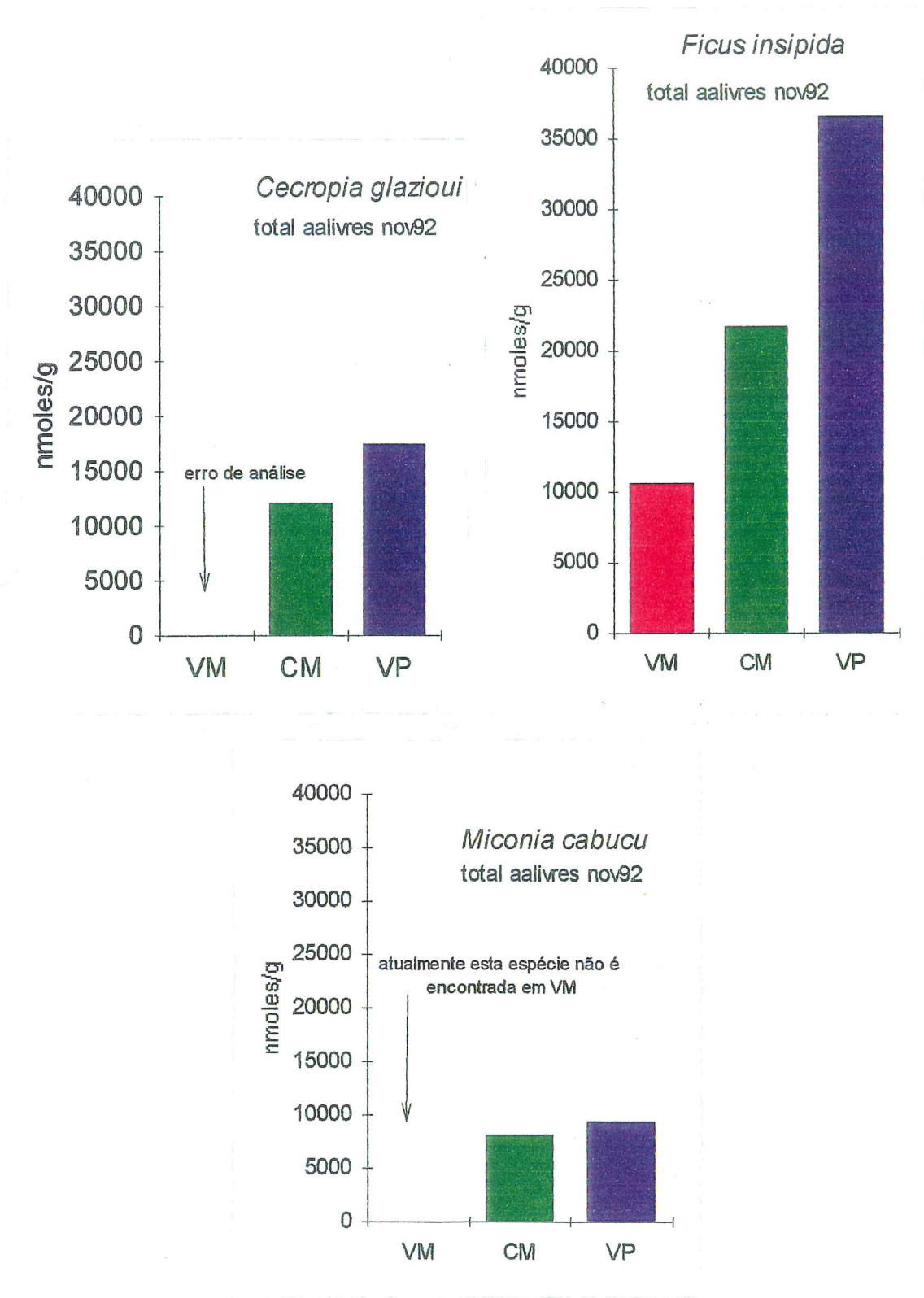
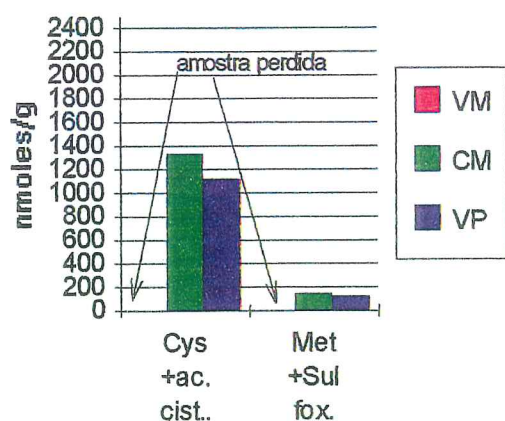


Figura 18 - Espécies selecionadas da Mata Atlântica que não apresentam acúmulo de aminoácidos livres nas áreas poluídas (VM - Vale do Moji; CM - Caminho do Mar; VP - Vale dos Pilões)

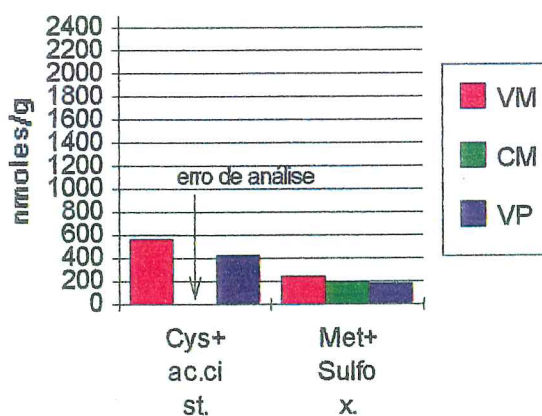
Apenas *Ficus insipida* apresenta prolina (em CM) e arginina livres (em VM, CM e VP). Esses aminoácidos têm sido normalmente apresentados na literatura como indicadores de estresse.

Tibouchina pulchra e *Ficus insipida*, ao contrário das demais espécies, apresentam altos teores de aminoácidos livres sulfurados, tanto nas áreas poluídas como na área controle, sendo maiores as concentrações da área controle. As outras cinco espécies mostram uma tendência em acumular aminoácidos livres sulfurados nas áreas poluídas (Figura 19).

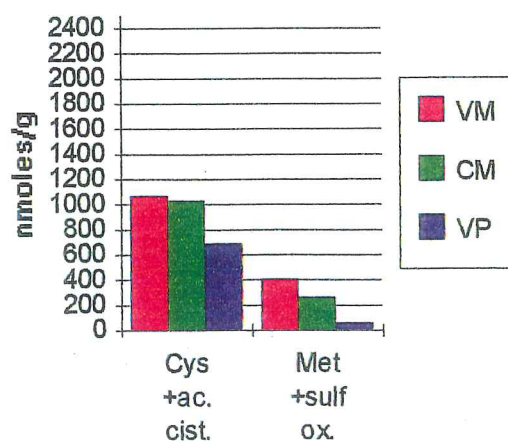
Cecropia glazioui aa sulfurados nov92



Costus spiralis aa sulfurados nov 92



Philodendron imbe aa sulfurados nov92



Miconia cabucu aa sulfurados nov92

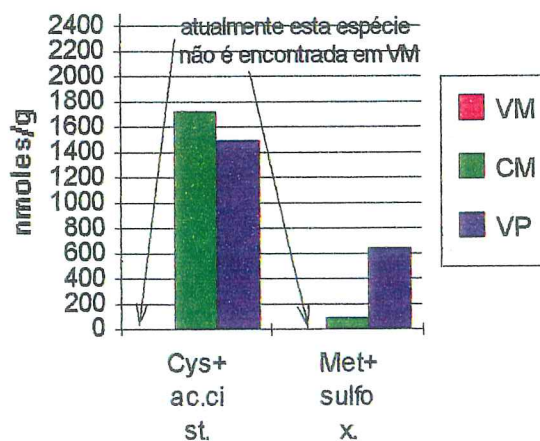


Figura 19 - Teor de aminoácidos livres sulfurados de espécies selecionadas da Mata Atlântica (VM - Vale do Moji; CM - Caminho do Mar; VP - Vale dos Pilões)

As figuras 19 e 20 apresentam os teores dos aminoácidos livres sulfurados, e suas formas ou dados, a saber: Cisteína (CYS), ácido cisteíco (ac. cist.), Metionina (MIT) e sulfóxido (sulfox).

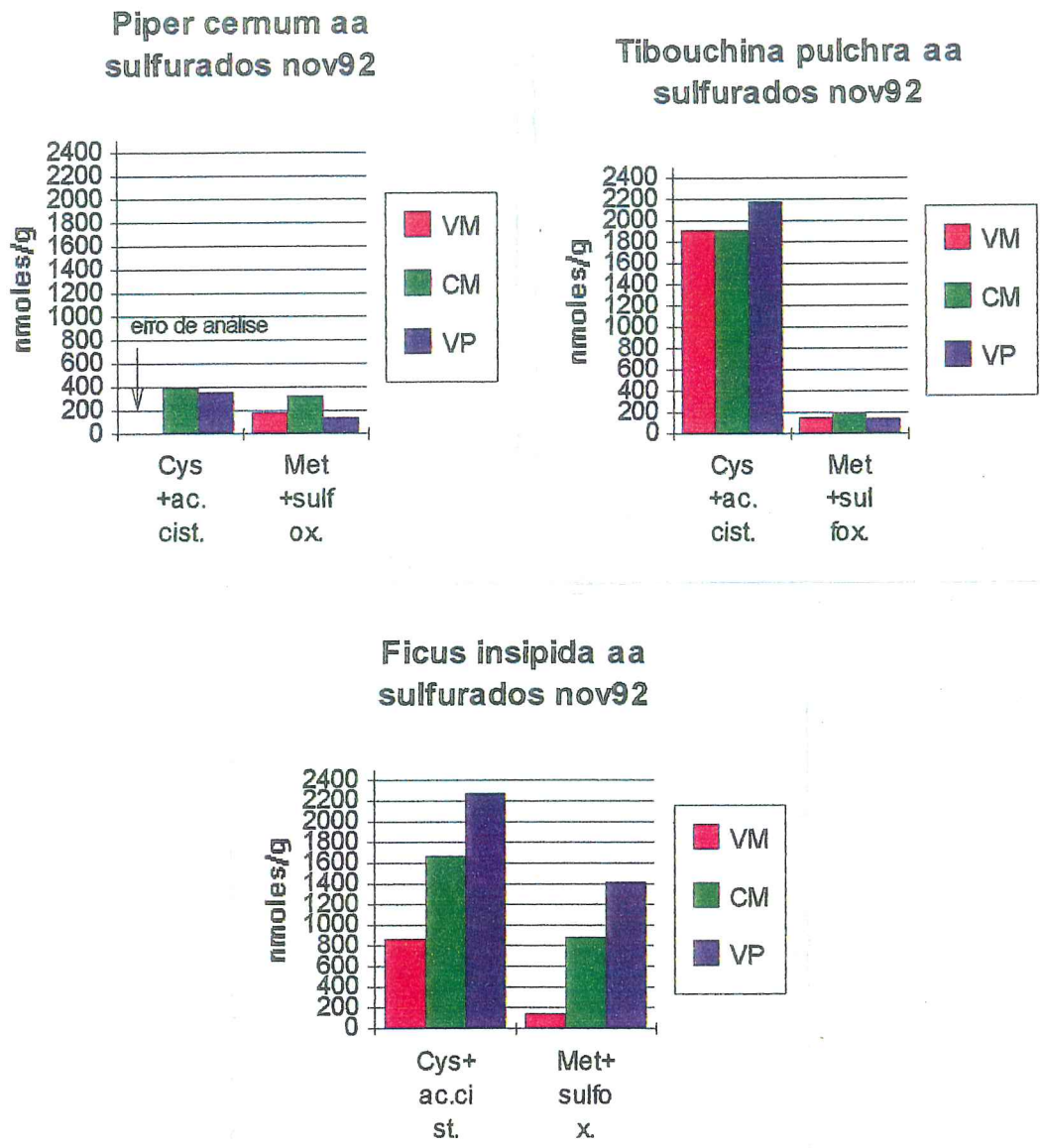


Figura 20 - Teor de aminoácidos livres sulfurados de espécies selecionadas da Mata Atlântica (VM - Vale do Moji; CM - Caminho do Mar; VP - Vale dos Pilões)

Quanto ao teor de taninos, não houve diferenças que possam ser consideradas significativas entre as regiões em estudo para cinco das sete espécies selecionadas. Apenas *Piper cernuum* apresenta um incremento de taninos nas áreas poluídas em relação ao grupo controle, enquanto *Philodendron imbe* teve um comportamento inverso. Entretanto, estes dados são preliminares e requerem cautela em sua interpretação (Figura 21).

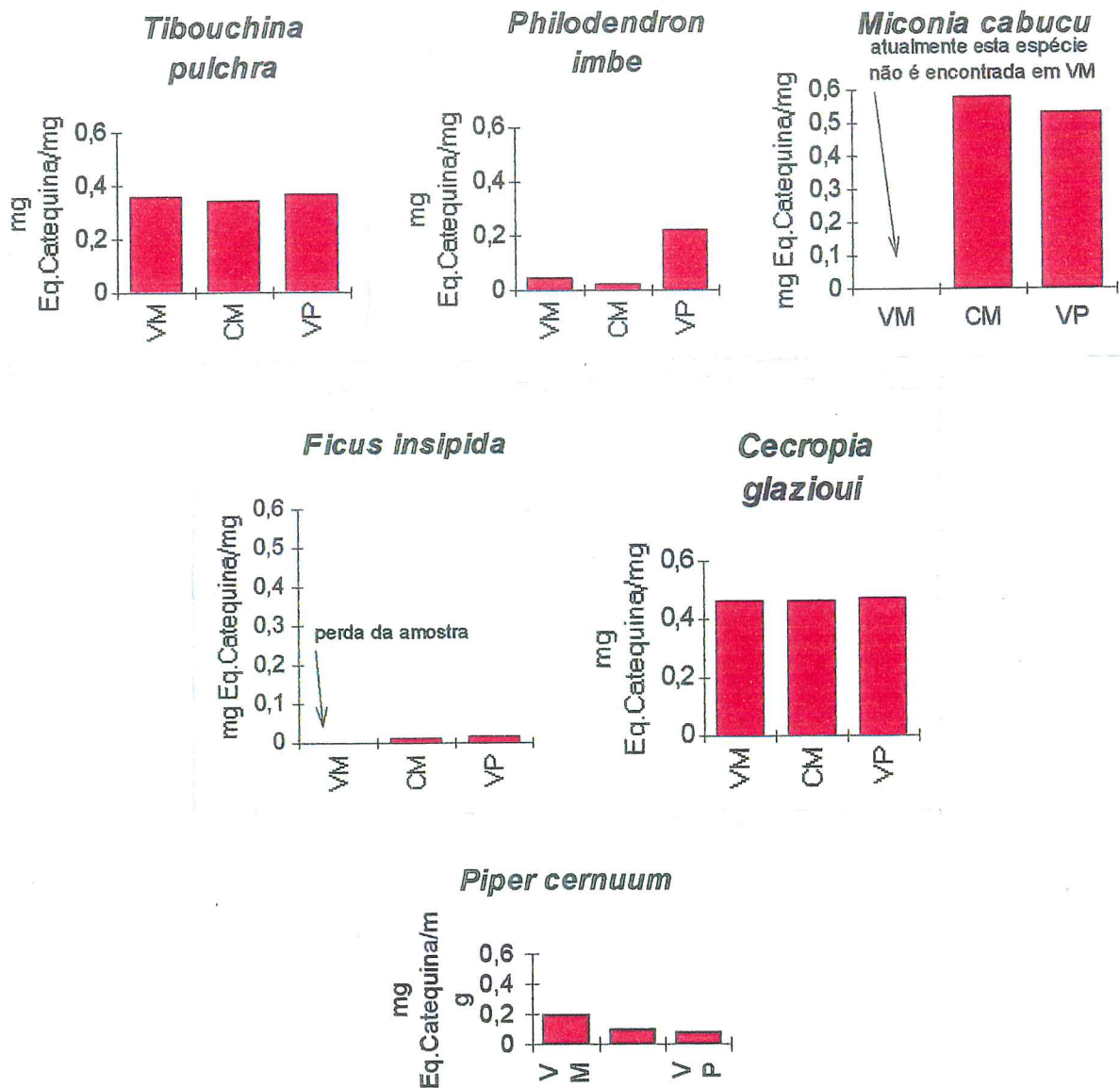


Figura 21 - Teor de taninos em espécies selecionadas da Mata Atlântica (VM - Vale do Moji; CM - Caminho do Mar; VP - Vale dos Pilões)

Quanto ao teor de ácido ascórbico, não foram observadas diferenças entre as áreas poluídas e o controle para as espécies *Tibouchina pulchra*, *Cecropia spiralis* e *Miconia cabucu*. *Philodendron imbe*, *Piper cernuum* e *Ficus insipida* apresentaram tendências de aumento de ácido ascórbico nas áreas poluídas. *Cecropia glazioui* apresentou nítida redução deste metabólito no Vale do Moji em relação às outras duas áreas (Figura 22).

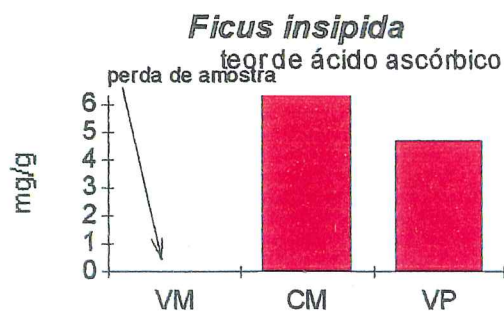
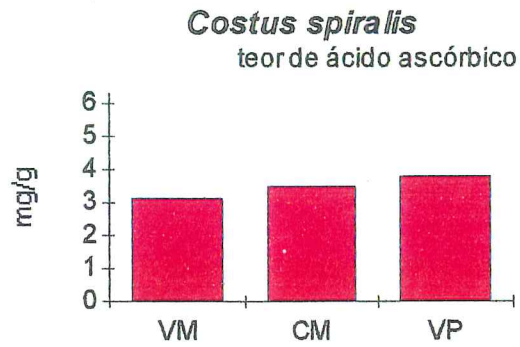
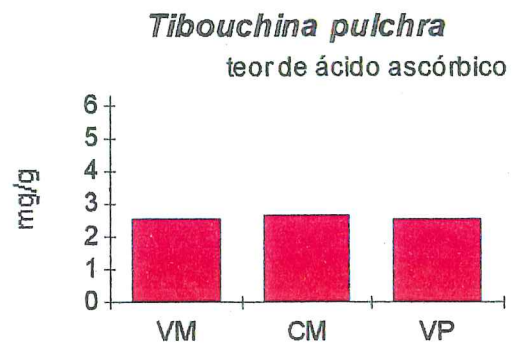
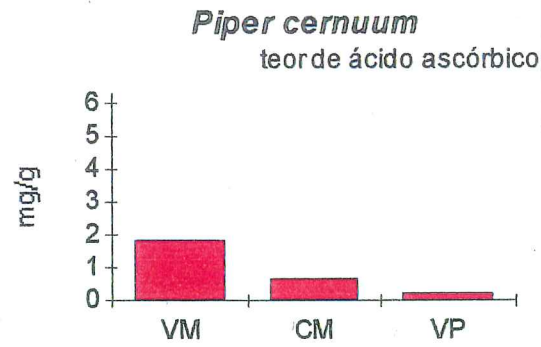
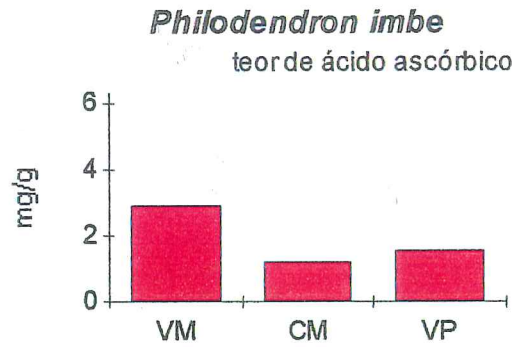
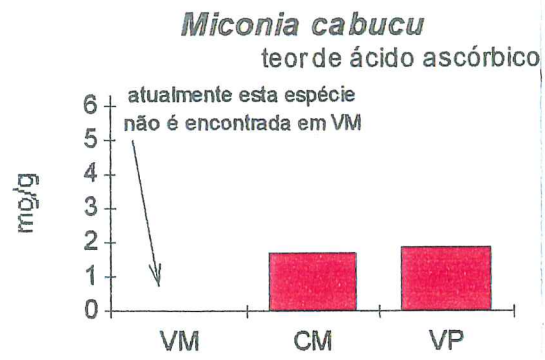
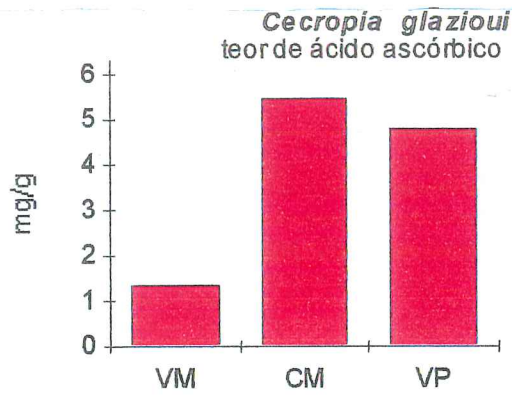


Figura 22 - Teor de ácido ascórbico em espécies selecionadas da Mata Atlântica (VM - Vale do Moji; CM - Caminho do Mar; VP - Vale dos Pilões)

5.3. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Apesar das espécies estudadas serem consideradas resistentes à poluição atmosférica (completam seu ciclo e não apresentam injúrias visíveis), foi verificado, para a maioria delas, acúmulo de aminoácidos livres nas áreas poluídas (Figuras 17 e 18). Isso pode ser um indício de estresse em virtude da poluição indicando que essas plantas devem ser consideradas tolerantes aos poluentes.

Em geral, o acúmulo de aminoácidos livres foi maior no Vale do Moji que no Caminho do Mar (ambas áreas poluídas). Esta diferença deve-se, possivelmente, aos altos teores de nitrogênio contidos nas emissões das indústrias na região do Vale do Moji em relação ao Caminho do Mar.

Apesar do acúmulo de arginina livre em plantas estressadas ser bem documentado na literatura e sugerido por RABE (1990) como indicador de estresse vegetal, este estudo não apresentou tal padrão de resultados.

Observações a respeito do acúmulo de prolina livre estendem-se desde hipóteses que consideram-no sintoma de desbalanço metabólico até hipóteses que consideram este fato como adaptação e resistência à seca. Diversos estudos relacionam o estresse por poluição a um estresse secundário por seca e indicam um incremento no teor de prolina livre em plantas expostas a diversos poluentes. Neste estudo verificou-se a ausência de prolina livre em todas as espécies estudadas, exceto *Ficus insipida* do Caminho do Mar.

Por se tratar de um estudo preliminar, não é possível afirmar que o comportamento de taninos observado nas plantas de *Philodendron imbe* e *Piper cernuum* das regiões poluídas seja uma indicação de estresse por poluição. Para prosseguimento dessa linha de estudo, sugere-se:

- Realizar a análise comparativa do teor de taninos em folhas de espécies vegetais de diferentes origens (níveis de poluição), segundo método descrito por PRICE et al (1978). As amostras deverão apresentar o mesmo grau de maturidade, ser liofilizadas, mantidas em frascos escuros, moídas e analisadas no menor espaço de tempo possível.
- Realizar o teste de precipitação com hemoglobina (SCHULTZ et al, 1981), como forma de medir a reatividade do tanino. A proteína no sobrenadante ou no resíduo, após a precipitação, poderá ser determinada também de acordo com o método de MAKKAR et al (1988).
- Analisar o grau de polimerização, caso surjam resultados interessantes nos testes citados acima, que justifiquem um estudo mais aprofundado de alguma espécie vegetal em particular, para tal, o método de BUTLER et al (1982), aplicável a taninos previamente purificados, parece ser adequado.

Os resultados relativos ao ácido ascórbico obtidos até o momento não refletem alterações significativas de teor entre áreas poluídas e não poluídas para o conjunto das espécies. O comportamento de *Cecropia glaziouii* carece ser reconfirmado para tornar-se mais conclusivo. Por outro lado, ainda não são conhecidas as condições necessárias para manutenção do teor original de ácido ascórbico nas amostras vegetais coletadas nas diferentes áreas de estudo. Sugere-se, portanto, que para prosseguimento desta investigação, a análise quantitativa de ácido ascórbico em folhas seja realizada em amostras íntegras liofilizadas (e não moídas como executada neste estudo) e que o tempo de prateleira destas amostras já liofilizadas seja no máximo de um mês à temperatura ambiente em frascos de polietileno.

6. ACUMULAÇÃO FOLIAR DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS RELACIONADA A ASPECTOS ANATÔMICOS E FISIOLÓGICOS

A literatura reporta extensivamente efeitos da poluição atmosférica no crescimento e desenvolvimento das plantas, destacando a existência de interações entre um grande número de variáveis ambientais e características anatômicas e fisiológicas específicas. Desse modo, torna-se difícil a formulação de uma teoria geral que esclareça o impacto de poluentes atmosféricos na agricultura, florestas e outros ambientes naturais (DARRAL, 1988).

A existência de uma ampla variedade de mecanismos de resistência entre as espécies, discutidos na apresentação deste relatório, leva a diferentes níveis de suscetibilidade aos estresses ambientais, dentre eles a poluição atmosférica. Assim sendo, existem plantas menos ou mais tolerantes, podendo ser este um fator de seleção, levando desta forma, as mais tolerantes a sobreviver em ambientes bastante impactados.

Neste sentido, como intuito de contribuir para a elucidação destas questões, este trabalho teve por finalidade, o estudo de possíveis correlações existentes entre a acumulação foliar de poluentes atmosféricos e algumas características anatômicas e fisiológicas de seis espécies da Mata Atlântica de Cubatão - SP.

6.1. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas para a realização deste trabalho as áreas descritas na apresentação deste relatório, a saber: Vale do Rio Pilões (VP); Caminho do Mar (CM); e Vale do Rio Moji (VM).

Com base em resultados obtidos e passíveis de correlação, foram selecionadas 6 espécies tolerantes à poluição atmosférica de Cubatão - SP (CETESB, 1988). Conforme a Tabela 13 e considerados os seguintes aspectos descritos a seguir:

- 1- Acumulação de poluentes avaliada por meio de um índice obtido da razão da concentração de enxofre, fluoretos e nitrogênio entre as áreas poluídas e a área controle, obtidas no item 2.
- 2- Tamanho e densidade dos estômatos obtidos por meio de estudos anatômicos foliares discutidos no item 3 (Figura 24).
- 3- Comportamento estomático diário das espécies mencionadas acima, obtidos em campo, durante campanhas realizadas no período entre 7 a 8/04/92 e 20 a 21/08/92. Este estudo baseou-se no método de infiltração por xilol (MOLISH, 1912 in SLAVIK, 1974) para verificação da abertura estomática.
- 4- Condutância estomática máxima verificada em campo, por meio de infra-red gas analyser (ADC - LCA - 2, conforme metodologia descrita por PRADO, MORAES e MATTOS (1994), realizado no período entre 04 a 05/08/92.

Dentre os resultados apresentados neste relatório, além dos dados apresentados no capítulo referente às trocas gasosas, onde são estudados indivíduos jovens e envasados, também não puderam ser correlacionados os aspectos bioquímicos discutidos no capítulo 4, devido à necessidade de um maior entendimento dos fatores ambientais que influem na acumulação de aminoácidos livres, bem como taninos e ácido ascórbico.

Tabela 13 - Relação das espécies estudadas e seu comportamento em relação ao fator sombra

ESPÉCIE	FAMÍLIA	TOLERÂNCIA À SOMBRA
<i>Cecropia glazioui</i>	CECROPIACEAE	intolerante (heliófila)
<i>Costus spiralis</i>	COSTACEAE	tolerante (ciófila)
<i>Ficus insipida</i>	MORACEAE	indiferente
<i>Phylodendron imbe</i>	ARACEAE	tolerante (ciófila)
<i>Piper cernuum</i>	PIPERACEAE	tolerante (ciófila)
<i>Tibouchina pulchra</i>	MELASTOMATACEAE	intolerante (heliófila)

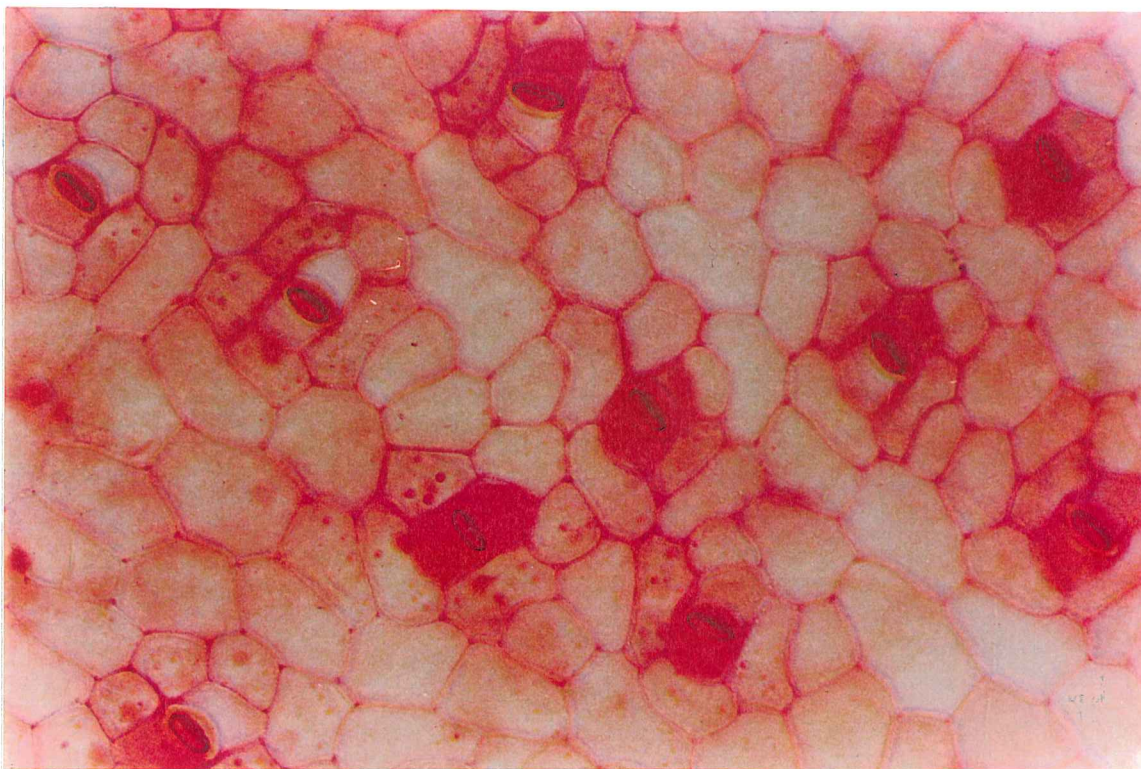


Figura 23 - Corte paradérmico de *Philodendron imbe* (156,25 X)

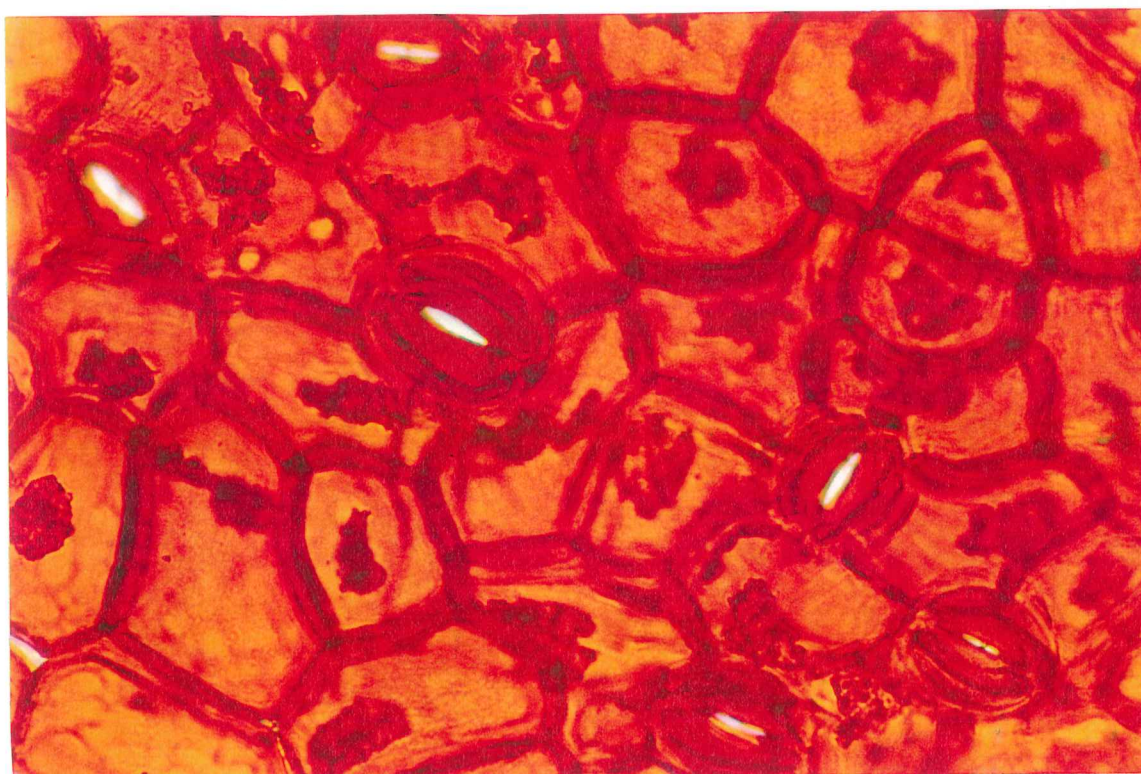


Figura 24 - Corte paradérmico de *Ficus insipida* (312,5 X)

6.2. RESULTADOS

Os resultados obtidos estão sumarizados na Tabela 14 e figuras 25 a 34.

Tabela 14 - Resultados obtidos nos estudos de condutância estomática máxima, medidas e densidade estomática, % de abertura diária de estomatos e índices de acumulação de fluoretos, nitrogênio e enxofre de 6 espécies nativas da Mata Atlântica- Cubatão- SP.

	ESPÉCIES					
	<i>Ficus insipida</i>	<i>Tibouchina pulchra</i>	<i>Cecropia glazioui</i>	<i>Piper cernuum</i>	<i>Philodendron imbe</i>	<i>Costus spiralis</i>
Cond. Estom. Máx. (mol/m ² . s)	0,96	0,92	0,91	0,80	0,11	1,40
Med.Estom. (μ ²)	86,64	54,72	327,46	425,60	338,24	228,00
Dens.Estom. (mm ²)	260,00	1117,60	478,50	94,30	94,30	189,00
% de Abert. Diária	81,00	85,00	96,00	42,00	56,00	33,00
F-VM/VP	3,30	1,85	1,90	1,70	1,54	1,14
F-CM/VP	0,90	0,63	0,74	0,93	0,95	0,70
S-VM/VP	2,60	2,20	1,50	1,10	0,70	1,10
S-CM/VP	2,60	3,10	2,00	1,00	1,80	2,50
N-VM/VP	1,30	1,40	0,80	0,70	1,20	0,90
N-CM/VP	1,20	1,30	0,90	0,70	0,90	0,80

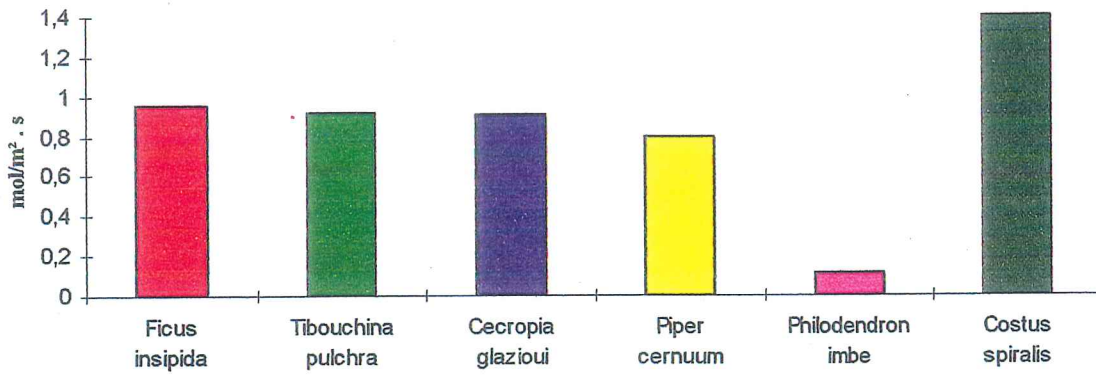


Fig. 25 - Condutância estomática máxima de 6 espécies nativas da Mata Atlântica

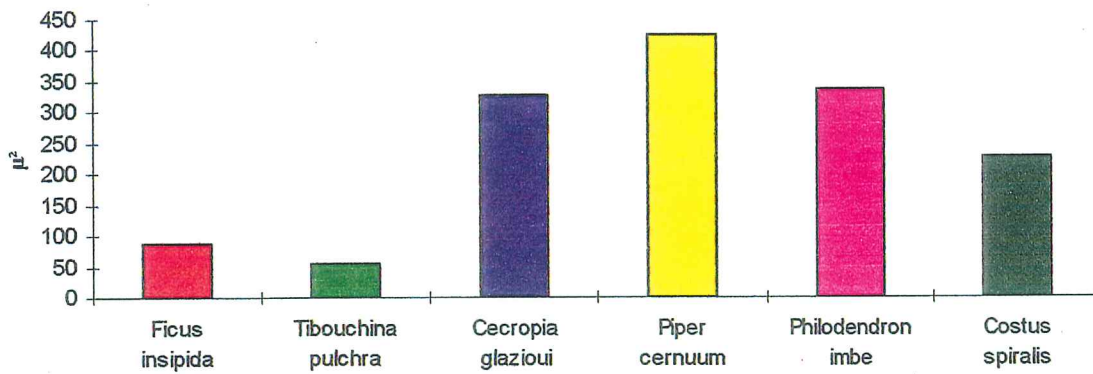


Fig. 26 - Medidas estomáticas de 6 espécies da Mata Atlântica

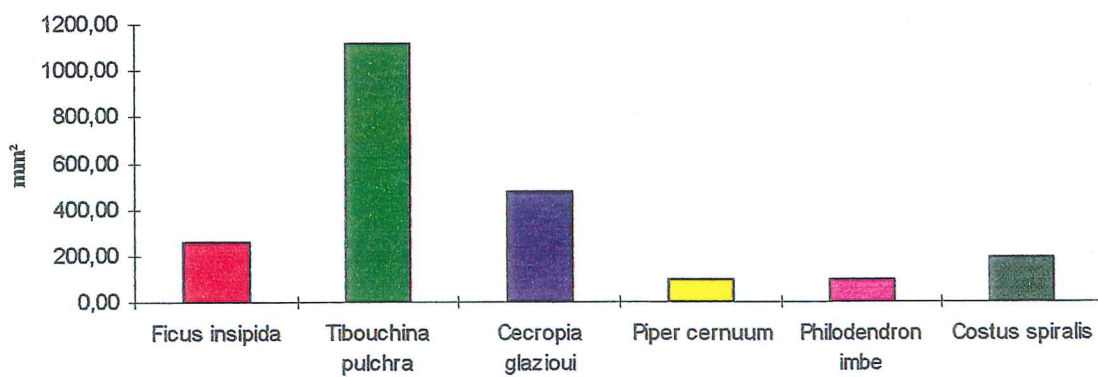


Figura 27 - Densidade estomática de 6 espécies da Mata Atlântica

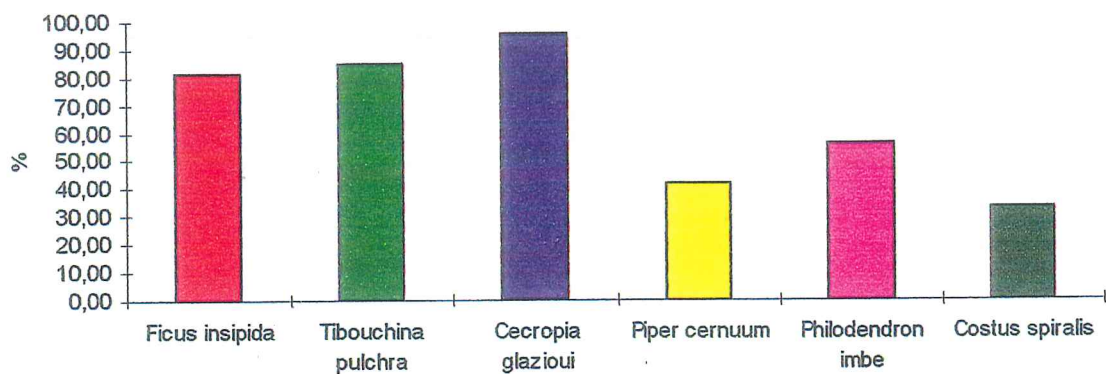


Fig. 28 - % de abertura estomática diária de 6 espécies da Mata Atlântica

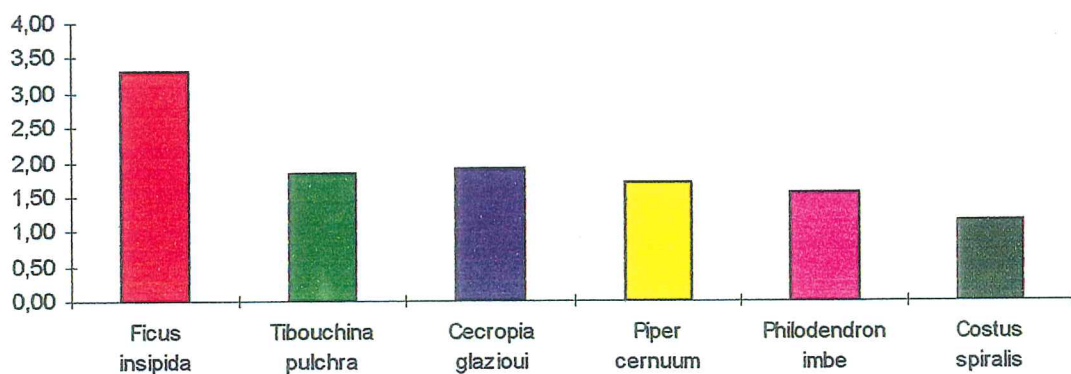


Fig. 29 - Razão entre as médias dos teores foliares de fluoretos, de 6 espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, do Vale do Moji (VM) e Vale do Pilões (VP).

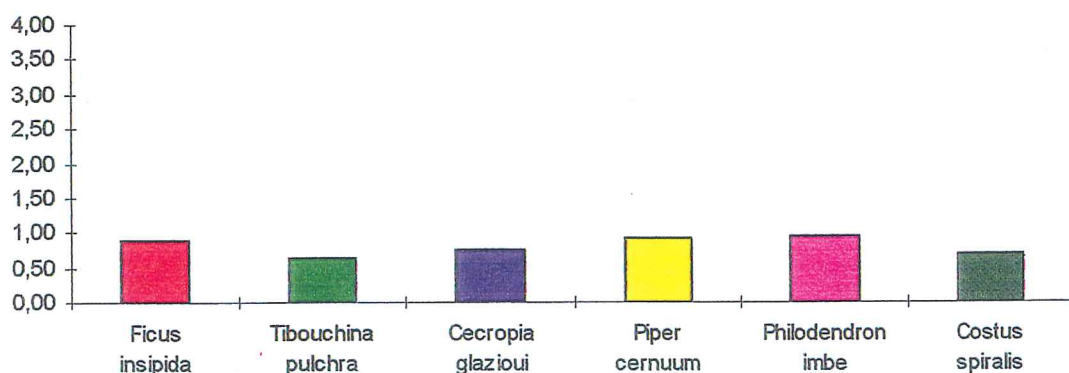


Fig. 30 - Razão entre as médias dos teores foliares de fluoretos, de 6 espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, do Caminho do Mar (CM) e Vale do Pilões (VP)

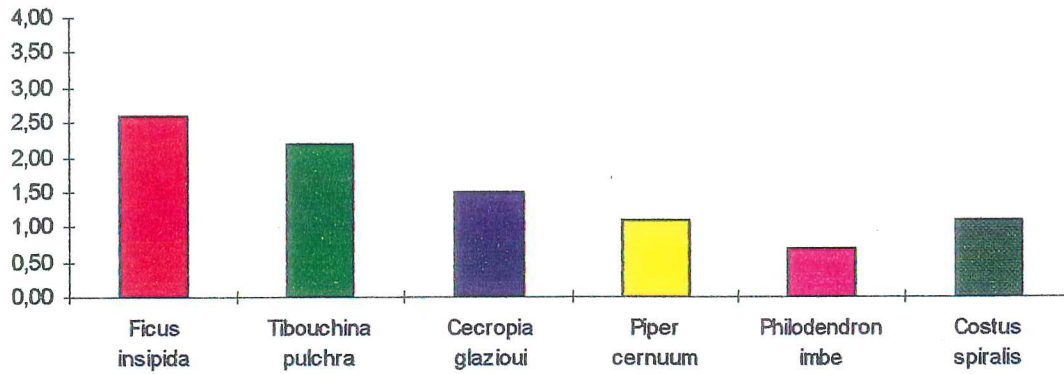


Fig. 31 - Razão entre as médias dos teores foliares de enxofre de 6 espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, do Vale do Moji (VM) e Vale do Pilões (VP)

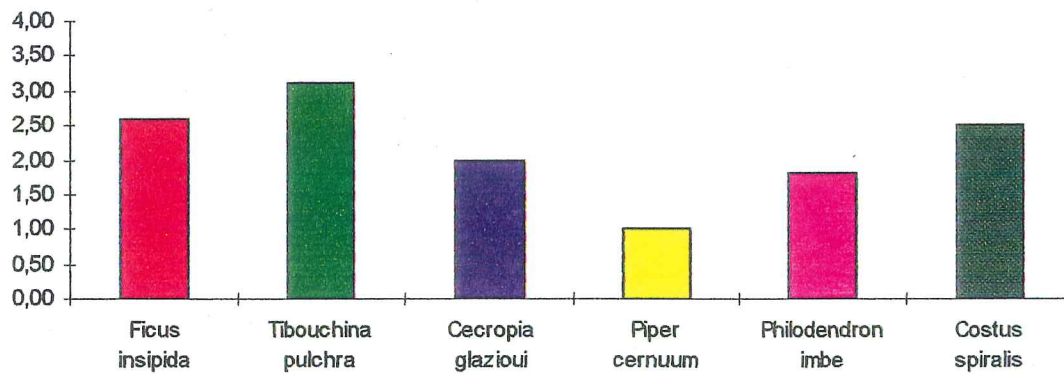


Fig. 32 - Razão entre as médias dos teores foliares de enxofre, de 6 espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, do Caminho do Mar (CM) e Vale do Pilões (VP).

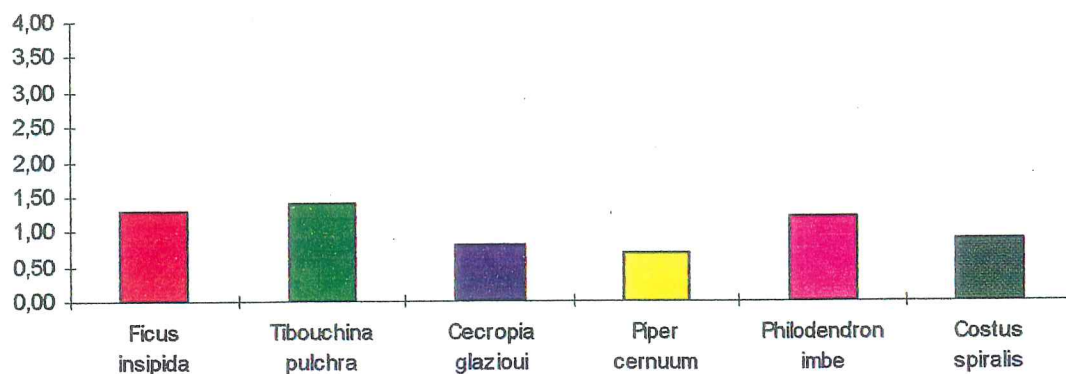


Fig. 33 - Razão entre as médias dos teores foliares de nitrogênio de 6 espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, do Vale do Moji (VM) e Vale do Pilões (VP)

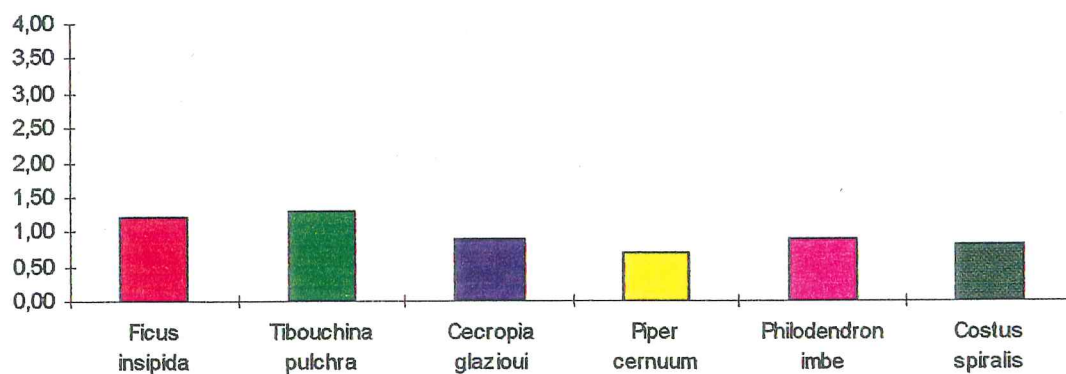


Fig. 34 - Razão entre as médias dos teores foliares de nitrogênio de 6 espécies da Mata Atlântica - Cubatão/SP, do Vale do Moji (VM) e Vale do Pilões (VP).

6.3. CONCLUSÃO

Ficus insipida, *Tibouchina pulchra* e *Cecropia glazioui* mostraram-se espécies acumuladoras de enxofre e fluoretos e apresentaram alto valor de condutância estomática máxima e maior densidade de estômatos.

Piper cernuum e *Philodendron imbe*, espécies pouco acumuladoras, apresentaram baixa densidade estomática, baixa condutância estomática máxima e pequenos períodos de abertura dos estômatos durante o dia.

Costus spiralis, embora apresente um alto valor de condutância estomática máxima apresentou uma densidade estomática reduzida e um período restrito de abertura estomática durante o dia, não se mostrando uma espécie muito acumuladora.

O tamanho dos estômatos, ao contrário do esperado, foi inversamente proporcional à acumulação de poluentes nas folhas das espécies estudadas, ou seja, de uma forma geral, as espécies que apresentam estômatos com tamanhos maiores, foram aquelas que apresentaram as menores concentrações de elementos químicos analisados, e vice-versa.

Com relação à densidade estomática observou-se uma correlação positiva desse parâmetro com a acumulação foliar, ou seja, quanto maior o número de estômatos por área foliar, maior a taxa de acumulação.

As espécies heliófilas (*Tibouchina pulchra*, *Cecropia glazioui* e *Ficus insipida*) apresentaram características de plantas tolerantes acumuladoras de enxofre e/ou fluoretos enquanto que as espécies ciófilas (*Piper cernuum*, *Philodendron imbe* e *Costus spiralis*) apresentaram características de plantas tolerantes evitadoras, não se mostrando, portanto, muito acumuladoras em relação às demais espécies estudadas.

Com excessão das medidas estomáticas, os resultados preliminares apresentaram tendência de uma correlação entre acumulação foliar de fluoretos e enxofre, densidade estomática e intensidade das trocas gasosas. O prosseguimento e detalhamento da pesquisa poderá elucidar questões relativas à mecanismos de resistência das plantas a poluentes atmosféricos primários.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório teve por objetivo apresentar os resultados já obtidos a partir dos estudos que vêm sendo realizados na CETESB a fim de avaliar a contaminação de espécies da Mata Atlântica da Serra do Mar, em Cubatão, uma das metas do projeto "Efeito da Poluição Atmosférica sobre a Vegetação". Estes estudos fazem parte também do módulo de vegetação do Convênio Brasil - Alemanha.

Na Tabela 14 estão reunidas as espécies estudadas e sintetizados os resultados obtidos. Os estudos apresentados encontram-se em diferentes estágios de desenvolvimento.

Os aspectos trocas gasosas e anatomia foliar, por exemplo, encontram-se em fase inicial, ainda de caracterização das espécies, sem terem sido, portanto, analisados sob o ponto de vista do estresse por poluição.

A caracterização das trocas gasosas em algumas espécies da Mata Atlântica já permitiu no entanto, correlacionar a capacidade fotossintética aos grupos ecológicos de sucessão. O próximo passo deste estudo será comparar estes resultados com os obtidos nas plantas destas espécies, jovens e envasadas, que estão sendo expostas à poluição atmosférica de Cubatão. A hipótese que está sendo testada é que as espécies, consideradas tolerantes ou sensíveis, tenham a fotossíntese alterada pela poluição, mesmo antes de ocorrerem injúrias visíveis, podendo assim, servir como parâmetro para detectar estresses causados por poluentes.

O estudo de anatomia foliar mostrou ser um instrumento adequado à avaliação da sensibilidade das espécies vegetais à poluição atmosférica, quando relacionado a outros estudos, como o de trocas gasosas e acumulação foliar. A continuidade desta linha de pesquisa possibilitará avaliar o efeito da poluição sobre as características anatômicas das folhas, subsidiando tanto diagnósticos quanto a seleção de bioindicadores.

A avaliação das análises químicas (teores foliares de macronutrientes e fluoretos) e bioquímicas (teor de aminoácidos livres) em plantas existentes na Serra do Mar-Cubatão, foram finalizados.

Por meio das análises químicas foi possível constatar que a maioria das espécies estudadas acumula enxofre e fluoreto, constituintes de poluentes presentes no Caminho de Mar e Vale do Moji, respectivamente. No entanto, não foi identificado acúmulo de outros elementos como o nitrogênio, também presente em concentrações acima do normal nas áreas poluídas.

As espécies ditas acumuladoras podem ser utilizadas como bioindicadores da presença de poluentes atmosféricos na região. Estas podem ser consideradas resistentes e/ou tolerantes, se não sofrerem nenhuma alteração metabólica, ou em caso contrário, sensíveis. A próxima etapa deste estudo é realizar estas análises em plantas envasadas e expostas nas três áreas experimentais de Cubatão.

Por meio da análise do teor foliar de aminoácidos livres foi possível verificar a existência de alteração metabólica. Foram identificados cinco espécies que apresentaram aumento no teor de aminoácidos nas áreas poluídas. Este estudo também será aplicado às plantas envasadas e expostas nas três áreas experimentais de Cubatão.

As análises foliares do teor de taninos e ácido ascórbico foram realizadas com o intuito de testar a metodologia, tanto de coleta como de análise, e proceder a uma investigação preliminar da viabilidade de se utilizar estes parâmetros como indicadores de estresse por poluição em espécies nativas da Mata Atlântica. Estes estudos sugeriram novas diretrizes quanto à metodologia para coleta e armazenamento das amostras. Para se ter indicação mais precisa da viabilidade de seu uso como indicadores de estresse por poluição seria necessário realizar novas coletas. Como o Instituto de Botânica-IBt vem desenvolvendo pesquisas neste sentido, a princípio, não haverá prosseguimento desta linha de investigação.

Na conclusão deste relatório estão apresentados os primeiros resultados da correlação entre alguns dos parâmetros analisados: acumulação foliar, trocas gasosas e características anatômicas.

Verificou-se que cinco espécies apresentaram correlação positiva entre estes parâmetros, demonstrando assim a importância do prosseguimento desta linha de investigação para melhor compreender a interação dos vários fatores que influem na sensibilidade das espécies.

Atualmente está sendo finalizado um experimento com 15 espécies da Mata Atlântica (Tabela 9) que consiste da exposição de plantas em viveiros construídos nas três áreas experimentais de Cubatão, pelo período de 18 meses.

Espera-se que os resultados a serem obtidos possibilitem aprofundar e ampliar a correlação entre os parâmetros analisados, uma vez que um maior número de fatores ambientais foram uniformizados (luz, água e solo) e espécies consideradas sensíveis (CETESB, 1988b) foram também utilizadas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official method of analysis**. 14 ed, Washington, 1984.
- APPLEGATE, H.G. e ADAMS, A. Effect of atmospheric fluoride on respiration of bush beans. **Botanical Gazette** (121): 223-227, 1960.
- BAZZAZ, F. A. Dynamics of wet tropical forests and their strategies. In: MEDINA E.; MOONEY, H.A. & VAZQUES-YANES, C. (coord.). **Physiological Ecology of Plants of the Wet Tropics**, p. 233-43 (Dr. W. Junk Publishers: The Hague), 1984.
- BAZZAZ, F. A. and PICKETT, S.T.A. The physiological ecology of tropical succession: a comparative review. **Annual Review of Ecology and Systematics**, (11): 287-310, 1980.
- BAZZAZ, F.A. Regeneration of tropical forests: physiological responses of pioneer and secondary species. In: GOMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T.C. & HADLEY, H. (coord.): **Rain forest regeneration and management**, p. 91-117 (The Parthenon Publishing Group), 1991.
- BUSTAMANTE, M.M.C. **Efeitos fisiológicos e bioquímicos do fluor em dois cultivares de soja (*Glycine max* L. Merrill)**. Viçosa, 1988. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, 1988.
- BUTLER, L. G. et al Vanillin assay for proanthocyanidins (condensed tannins): modification of the solvent for estimation of the degree of polymerization. **J. Agric. Food Chem.**, (30): 1087-1089; 1982.
- CETESB, **Levantamento das espécies vegetais resistentes e tolerantes à poluição atmosférica do Pólo Industrial de Cubatão**. São Paulo, setembro, 1988 a (Relatório Técnico).
- CETESB, **Espécies arbóreas da Serra do Mar sensíveis à poluição atmosférica do Pólo Industrial de Cubatão-SP**. São Paulo, setembro, 1988 b (Relatório Técnico).
- CETESB, **Poluição atmosférica e seus efeitos sobre as plantas - Uma Revisão**. São Paulo, 1984 (Relatório Técnico).
- CETESB, **Relatório à CETESB sobre o problema da poluição do ar em Cubatão e sua associação com os danos nos entornos da Serra do Mar**. São Paulo, agosto de 1986 (Relatório Técnico).
- CHAPMAN, H. (ed.) **Diagnostic criteria for plants and soils**. University of California - Agricultural Experimenta Station Riverside, 1966.
- CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York, Columbia University Press, 1981.
- CUTTER, E.G. **Anatomia vegetal**. Parte I - Células e Tecidos. São Paulo, Roca, 1986.
- DARRAL, N.M. The effects of air pollution on physiological processes in plants. **Plant, Cell and Environment** (12): 1-30. 1989.
- DOMINGOS, M. Estudos dos efeitos da poluição atmosférica em ecossistemas naturais desenvolvidos pelo Instituto de Botânica de São Paulo. In: Congresso Nacional de Botânica, 46, Ribeirão Preto, janeiro/1995. **Resumos**. Universidade de São Paulo, Sociedade Botânica do Brasil, Ribeirão Preto, p. 377-378.
- ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo, Edgar Blucher, 1974.

- FERRI, M.G.; MENEZES, N.L. & SCANAVACCA, W.R.M. **Glossário ilustrado de botânica**. São Paulo, Nobel, 1981.
- FLORES, Feliciano E. V. - Bioindicação Vegetal no Centro de Ecologia da UFRGS. In: Congresso Nacional de Botânica, 46, Ribeirão Preto, janeiro/1995. **Resumos**. Universidade de São Paulo, Sociedade Botânica do Brasil, Ribeirão Preto, p. 374-375.
- HASLAM, E. **Plant polyphenols - Vegetable tannins revisited**. Cambridge University Press, 1989.
- HOU, L.; HILL, A.C. SOLEIMANI, A. Influence of CO₂ on the effects of SO₂ and NO₂ on alfafa. **Environmental Pollution** (12): 7-16. 1977.
- JOLY, A.B. **Botânica: Introdução à taxonomia vegetal**. São Paulo, Ed. Nacional, 1979.
- KANNO, S.S. **Curso diário e sazonal das trocas gasosas e potencial hídrico foliar em três espécies lenhosas do cerrado: *Anacardium nanun* St. Hill, *Andira humilis* Marth ex Benth e *Eriotheca gracilipes* (K. Schum) A. Robins**. São Carlos, 1993. Dissertação (Mestrado), 1993.
- KASSEL, A.K. Air pollution and vegetation damage at the Serra do Mar near Cubatão, SP. In: Congresso Nacional de Botânica, 46, Ribeirão Preto, janeiro/1995. **Resumos**. Universidade de São Paulo, Sociedade Botânica do Brasil, Ribeirão Preto, p. 375.
- KLUMPP, A. Air pollution and vegetation damage at the Serra do mar near Cubatão, SP: Brazilian / German Interdisciplinary Research Project. In: Congresso Nacional de Botânica, 46, Ribeirão Preto, janeiro/1995. **Resumos**, Universidade de São Paulo, Sociedade Botânica do Brasil, Ribeirão Preto, p. 375-376.
- KLUMPP, A. & DOMINGOS, M. Biomonitoramento Passivo. Relatório Anual do Projeto ENV 3. In: **First Workshop of Studies on Human Impact on Forest and Foodplains in Tropics - SHIFT - Belém - PA - 9 a 13 de março de 1994**.
- LAWRENCE, G.H.M. **Taxonomia das plantas vasculares**. II Vol. São Paulo, Fundação Calouste Gulbenkian. 1981.
- LEVITT, J. **Responses of Plants to Environmental Stresses**, Vol. II, 2nd edition, New York, Academic Press, 1980.
- MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola. Nutrição de plantas e fertilidade do solo**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1976.
- Mc LAUGHLIN, S.B. e Mc CONATHY, R.K. Effects of SO₂ and O₃ on allocation of ¹⁴C-labelled photosynthate in *Phaseolus vulgaris*. **Plant Physiologist**, (73): 630-635, 1983.
- MIFLIN, B. J. et al Ammonia assimilation, In: **The Biochemistry of plants** (Stumpf, P.K. e Conn, E., Eds) Vol 5, Academic Press, New York, 1980.
- OLIVA, M.A. Avaliação de bioindicadores vegetais da poluição. In: Congresso Nacional de Botânica, 46, Ribeirão Preto, janeiro/1995. **Resumos**. Universidade de São Paulo, Sociedade Botânica do Brasil, Ribeirão Preto, p. 376-377.
- PEARCY, R.W. and CALKIN, H.C. carbon dioxide exchange of C₃ and C₄ species in the understorey of Hawaiian forest. **Oecologia** (47): 99-105, 1983.
- PRADO, C.H.B.A; MORAES, J.A.P.V.de e MATTOS, E.A. Gas exchange and leaf water status in potted plants of *Copaifera langsdorfii* -1- Responses to water stress. **Photosynthetica** 30 (3) in press. 1994.

- PRADO, C.H.B.A. **Trocas gasosas em planta jovem de *Copaifera langsdorfii* Desf., durante estresse hídrico induzido artificialmente por ausência de rega.** São Carlos, 1991. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de São Carlos, 1991.
- PRICE, M. L. et al - A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannins in sorghum grain - **J. Agric. Food Chem** 26 (5), 1978.
- PUSHNIK & MILLER. The influence of elevated fluoride on the physiology and metabolism of higher plants. **Fluoride** 23 (1): 5-19, 1990.
- RABE, E. Stress Physiology: The Functional Significance of Accumulation of Nitrogen-containing Compounds. **Journal of Horticultural Science** (65): 231-243, 1990.
- ROBERTS, T.M. & DARRAL, N.M. **Effects of gaseous air pollutants on agriculture and forestry in U.K.** . London, Academic Press, 1983.
- ROBICHAUX, R.H. Variation in the tissue water relations of two sympatric Hawaiian *Dubautia* species and their natural hybrid. **Oecologia** (65): 75-81, 1984.
- ROCHA, A.M.S. **Estresse hídrico e trocas de CO₂ gasoso e vapor d'água em plantas jovens envasadas *Stryphndron adstringens* (Marti.) Coville.** São Carlos, 1994. Dissertação (Mestrado). 1994.
- SANTOS, R.P.; MODESTO, R.P.; AGUIAR, L.S.J. Mata Atlântica's due to Atmospherical Pollutant Action Emitted by Cubatão Industrial Park, State of São Paulo. In: ISPRS Comission VII Symposium Resource and Environmental Monitoring, Rio de Janeiro, Brazil, September 26-30, 1994. **Proceedings...**, INPE, Rio de Janeiro, p. 81-88, vol. 30, part. 7b.
- SCHÄTZLE, H. et al. Mineral content in soil and tree foliage. **Environmental Pollution** (68): 253-273, 1990.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMNER, H.T.; BRADSTREET, E.D.; HEMMINGSEN, E. A. Sap pressure in vascular plants. **Science**. (148): 339-346, 1965.
- SCHULTZ, J. C. et al - Hemoglobin as a binding substrate in the quantitative analysis of plant tannins - **J. Agric. Food Chem**. (29): 823-826, 1981.
- SLAVIK, B. - Methods of studying plant. Water relations. **Ecological studies**. (9), 1974.
- STEWART, G. R. et al. Accumulation of Amino Acids and Related Compounds in Relation to Environmental Stress. In: **The Biochemistry of Plants** (Stumpf, P.K. e Conn, E., Eds) Vol 5, Academic Press, New York, 1980.
- VAN DEN HEEDE et al. "Determination of fluoride in vegetation - a comparative study of four sample preparation methods". **Journal of the AOAC** 58 (6): 1135-1137. 1975.
- VICKERY, M. & VICKERY, B. **Secondary Plant Metabolism.** The Macmillan Press LTD, London, 1981
- VINCENT, J. P. Influence d une Atmosphere Urbaine sur les Diferentes Fonctions d une Espece Lichenique. Etude *in situ* et en Chambrettes Experimentales. **The Science of the Total Environment**, (95): 167-180, 1990.

Entrada: 19/10/2011

Indicação:

Aquisição:

Preço:

Tombado em: 19/10/2011