

CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Nogueira Garciaz
Av. Prof. Frederico Hermann Júnior, 345 - Pinheiros
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

**ESTUDO DE TROCAS GASOSAS EM PLANTAS
SUBMETIDAS À POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA
EM CUBATÃO: RESULTADOS PRELIMINARES
DE CAMPO**

Dezembro 1995

8502
P881e (RCET)
031653



031653

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

RECEBIMOS DE VOS A QUANTIA DE R\$ 1.000,00 (MIL REAIS) EM FAVOR DO PROJETO DE RECONSTRUÇÃO DO LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE ÁGUA E SÓLIDOS, LOCALIZADO NA AVENIDA DE SÃO CARLOS, Nº 1361, JARDIM SÃO CARLOS, SÃO CARLOS, SP.

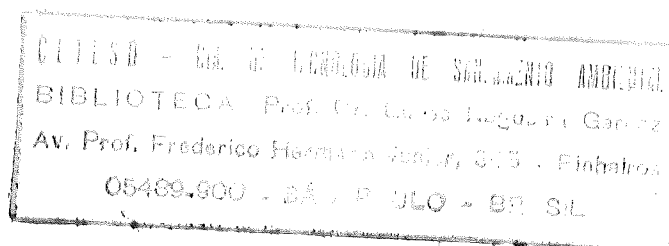
RECEBIMOS DE VOS A QUANTIA DE R\$ 1.000,00 (MIL REAIS) EM FAVOR DO PROJETO DE RECONSTRUÇÃO DO LABORATÓRIO DE ANÁLISES DE ÁGUA E SÓLIDOS, LOCALIZADO NA AVENIDA DE SÃO CARLOS, Nº 1361, JARDIM SÃO CARLOS, SÃO CARLOS, SP.

DIRETORIA DE ENGENHARIA AMBIENTAL

DEPARTAMENTO DE QUALIDADE AMBIENTAL

DIVISÃO DE SOLO, ÁGUA SUBTERRÂNEA E VEGETAÇÃO

SETOR DE ECOSSISTEMAS TERRESTRES



**ESTUDO DE TROCAS GASOSAS EM PLANTAS
SUBMETIDAS À POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA
EM CUBATÃO: RESULTADOS PRELIMINARES
DE CAMPO**

EQUIPE TÉCNICA

Eng. Agr. Dione Zangelmi Abrahão Pradella
Eng. Agr. Sérgio Luis Pompéia

Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

José Antonio P. V. de Moraes
Carlos Henrique B. de A. Prado
Carlos A. Casale

Equipe de Apoio

Miguel Monteiro
Jessé Soares Alves
Salatiel Alves Pereira

Digitação

José Bezerra de Sousa

Desenhos

Marisa Cury

CETESB
BIBLIOTECA

INFORMAÇÃO TÉCNICA Nº: 003/95-EQSE

INTERESSADO: Divisão de Solo, Água Subterrânea e Vegetação - EQS

ASSUNTO: Estudo de trocas gasosas em plantas submetidas à poluição atmosférica em Cubatão: resultados preliminares de campo

HISTÓRICO

Em 1992, foram iniciados estudos de campo, com objetivo de determinar diferenças em alguns parâmetros fisiológicos de plantas localizadas em áreas poluídas e não poluídas na região de Cubatão. Primeiramente, os estudos relativos a trocas gasosas foram feitos através da infiltração de xilol nas folhas para se conhecer o comportamento estomático das plantas em diferentes situações de poluição atmosférica. Em 1993, juntamente com professores da UFSCar, conseguiu-se viabilizar um estudo mais aprofundado, utilizando-se um sistema portátil de análise de trocas gasosas por infravermelho (ADC-LCA-2) que mede respiração, transpiração, condutância estomática, temperatura foliar e outros parâmetros, conforme metodologia descrita por PRADO, MORAES, MATTOS (1994). Para complementar este estudo, foi usada uma câmara de pressão (SCHOLANDER, 1965), que determina o potencial hídrico foliar em condições de campo. Para tal estudo delineou-se um experimento de longo prazo, usando plantas envasadas de 15 espécies nativas da Mata Atlântica (Tabela 1), expostas em 3 viveiros (2 situados em áreas poluídas e 1 em área controle). A finalidade foi a de padronizar as condições de luminosidade, solo e umidade, o que não seria possível em plantas não envasadas. Constituiu-se de 3 etapas:

- . setembro/1993 - medição das trocas gasosas das plantas antes da exposição à poluição. Os resultados, foram apresentados no II Congresso Estadual de Botânica e constam nas tabelas 2 e 3, e nas figuras em anexo (curvas de saturação).
- . julho/1994 - campanha de inverno, após 10 meses de exposição
- . março/1995 - campanha de verão, após 18 meses de exposição

Para uma avaliação mais abrangente do efeito da poluição atmosférica de Cubatão sobre a vegetação, os viveiros experimentais foram instalados no Vale do Mogi (afetado sobretudo por emissões das indústrias de fertilizantes), Caminho do Mar (impactado, principalmente pelas emissões da refinaria de petróleo) e Vale dos Pilões (Controle). Também foram realizadas outras determinações com as mesmas plantas (que não são objeto desta informação técnica) envolvendo: parâmetros químicos (macro e micro nutrientes e fluoretos), bioquímicos (aminoácidos livres, taninos e ácido ascórbico) e anatômicos (anatomia foliar).

Esta informação técnica tem por objetivo relatar os dados preliminares das trocas gasosas, obtidos em campo durante a última campanha (1995) nas plantas expostas aos diferentes níveis de poluição em Cubatão.

O estudo de trocas gasosas, juntamente com outras informações geradas dentro do projeto "Efeito da poluição atmosférica sobre a vegetação" (OS 230300), subsidiarão a identificação de bioindicadores de poluição, uma vez que permitem detectar alterações metabólicas nas plantas antes de injúrias visíveis serem observadas. Da mesma forma, os resultados obtidos poderão auxiliar nos estudos dos efeitos de poluentes sobre a vegetação da Serra do Mar, subsidiando as ações de controle da CETESB na região.

Como forma de avaliar o desenvolvimento das plantas utilizadas nos experimentos, foram determinados alguns parâmetros de produtividade e crescimento das plantas durante o ano de 1994, em meses alternados. As medições de altura da gema apical, diâmetro basal, e número de ramificações, para réplicas das 15 espécies, nas 3 áreas (135 plantas), foram concluídas em fevereiro de 1995.

Também para avaliar o desenvolvimento, foram observados os aspectos morfológicos das plantas após 18 meses de exposição.

Tabela 1 - Caracterização das espécies da Mata Atlântica em Cubatão utilizadas para estudos de trocas gasosas

ESPÉCIE	FAMÍLIA *	HÁBITO E PORTE	VELOCIDADE D CRESCIMENTO	TOLERÂNCIA À SOMBRA	GRUPO ECOLÓGIC DE SUCESSÃO **
<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
<i>Cecropia glazioui</i>	Cecropiaceae	árvore 10-12m	rápido	intolerante (heliófila)	pioneira
<i>Cryptocarya moschata</i>	Lauraceae	árvore 20-30m	médio	tolerante	climáxica
<i>Chrysophyllum 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 catleianum</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>	Melastomataca	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)

Em anexo são apresentados gráficos com dados da 1ª campanha, que se referem a caracterização do comportamento de cada espécie antes de serem expostas a poluição. As tabelas 2 e 3 também se referem a essa caracterização.

Tabela 2 - Caracterização do comportamento da fotossíntese em espécies da Mata Atlântica antes de serem submetidas à poluição

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 rohrii</i>	6,01	---	400	0,10
<i>Piper cernuum</i>	6,15	29,73	190	0,09
<i>Chrysophyllum sp</i>	3,90	---	---	0,13

GS - condutância estomática

Tabela 3 - Caracterização do potencial hídrico de espécies da Mata Atlântica não submetida à poluição

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 rohrii</i>	-0,35	-1,20
<i>Piper cernuum</i>	-0,20	-0,80
<i>Chrysophyllum sp</i>	-0,30	-1,05

aa - antes do amanhecer

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Assimilação Foliar de CO₂

Nesta informação técnica, de caráter preliminar, foram avaliados os dados instantâneos de assimilação de CO₂ por folhas de 14 espécies expostas nos 3 viveiros experimentais em Cubatão. Os resultados, obtidos em condições de saturação luminica, espelham a capacidade máxima de assimilação foliar do CO₂ (Tabela 4). Não foram avaliadas as trocas gasosas em *Laelia purpurata* devido às limitações impostas pelo tipo de folha ao uso do equipamento utilizado na campanha.

Tabela 4 - Valores máximos de assimilação foliar de CO₂ em plantas envasadas e submetidas durante 18 meses a três condições de qualidade do ar de Cubatão (medidas realizadas em condições de saturação de radiação fotossinteticamente ativa: PAR ≥ 1.000 μmol.m⁻².s⁻¹)

ESPÉCIE	ASSIMILAÇÃO DE CO ₂ (μmol.m ⁻² .s ⁻¹)		
	VP	CM	VM
<i>Cecropia glazioui</i>	5,4	11,7	2,8
<i>Costus spiralis</i>	4,9	5,3	6,8
<i>Cryptocarya moschata</i>	3,9	4,4	---
<i>Chrysophyllum sp</i>	6,3	7,1	5,3
<i>Euterpe edulis</i>	3,3	5,1	5,9
<i>Ficus sp</i>	9,1	9,3	10,8
<i>Hedychium coronarium</i>	9,8	8,2	11,3
<i>Laelia purpurata</i>	---	---	---
<i>Philodendron sp</i>	5,7	3,9	4,2
<i>Piper cernuum</i>	6,7	5,1	6,2
<i>Psidium cattleianum</i>	5,4	7,0	4,0
<i>Pterocarpus rohrii</i>	3,6	3,4	4,3
<i>Tibouchina pulchra (18 meses)</i>	10,1	9,1	---
<i>Tibouchina pulchra (8 meses)</i>	8,0	5,6	6,4
<i>Virola oleifera</i>	5,4	1,9	---
<i>Zigia cauliflora</i>	1,8	---	3,8

Os dados obtidos apresentaram um comportamento bastante diversificado quanto à assimilação do dióxido de carbono. Observa-se um significativo número de espécies (9 em 14) com maior assimilação de CO₂ por superfície foliar nas áreas poluídas em relação ao controle. Este comportamento, de uma forma geral, refletiu a maior intensidade de coloração das folhas provenientes das áreas poluídas. Possivelmente, o menor desempenho aparente da fotossíntese das plantas-controle deve-se a uma menor disponibilidade de nitrogênio destas em relação àquelas expostas à poluição. O desempenho efetivo da fotossíntese nas plantas examinadas só será possível após a determinação do teor de nutrientes nas folhas e do seu grau de esclerofilia. Este último parâmetro é essencial na avaliação dos possíveis danos provocados pela poluição sobre a fotossíntese líquida, que foram detectados na análise do crescimento e da expansão foliar: é necessário saber a capacidade de assimilação de CO₂ por unidade de biomassa para avaliar possíveis danos ao aparato foliar de fotossíntese. A biomassa (peso seco das folhas) será determinado posteriormente.

Desenvolvimento das Plantas

Após 18 meses de exposição a 3 condições de poluição do ar em Cubatão, foi possível verificar uma clara tendência de atraso no crescimento das plantas provenientes de áreas poluídas (Caminho do Mar e Vale do Mogi) em relação ao controle (Vale dos Pilões). Esta tendência, que pode ser observada pelas fotografias em anexo (plantas à esquerda das fotos: Vale dos Pilões; ao centro: Caminho do Mar; à direita: Vale do Mogi), manifestou-se na maior parte das espécies. Dados preliminares, representados pelo crescimento máximo em altura de cada espécie em cada estação experimental, após 18 meses de exposição, encontram-se na tabela 5.

Tabela 5 - Dados de crescimento (altura máxima do caule) de mudas envasadas de espécies da Mata Atlântica expostas a 3 condições de poluição do ar em Cubatão

ESPÉCIE	CRESCIMENTO EM ALTURA (cm) *		
	Vale do Mogi	Caminho do Mar	Vale dos Pilões
<i>Cecropia glazioui</i>	35	33	56
<i>Cryptocarya moschata</i>	22	57	65
<i>Chrysophyllum sp</i>	48	26	67
<i>Euterpe edulis</i>	16	13	13
<i>Ficus sp</i>	46	24	51
<i>Psidium cattleianum</i>	74	64	101
<i>Pterocarpus rohrii</i>	56	28	69
<i>Tibouchina pulchra</i>	---	26	40
<i>Tibouchina pulchra</i> **	60	46	47
<i>Virola oleifera</i>	---	6	70
<i>Zigia cauliflora</i>	19	6	2

* crescimento em altura corresponde à diferença de alturas entre as mesmas plantas antes e após um período de 18 meses de exposição, medidas do solo à gema apical. Não foi avaliado o crescimento de espécies arbustivas e herbáceas.

** corresponde a 8 meses de exposição

As plantas provenientes do Caminho do Mar apresentaram um crescimento menor em altura, em todas as espécies, quando comparadas às do Vale dos Pilões, refletindo de forma evidente as consequências do estresse por poluição sobre o desenvolvimento da vegetação. No Vale do Mogi verificou-se um incremento em altura em plantas de *Euterpe edulis*, *Tibouchina pulchra* e *Zigia cauliflora*. Este fenômeno deve-se, possivelmente, ao significativo aporte de nitrogênio para o solo e para as folhas que ocorre nesta região, em virtude da proximidade das indústrias de fertilizantes. A maior disponibilidade de nitrogênio pode estar promovendo o desenvolvimento das plantas a ponto de compensar os efeitos negativos da poluição sobre seu crescimento em altura. Convém lembrar que as 3 espécies citadas ocorrem espontaneamente na região do Vale do Mogi, podendo ser consideradas tolerantes à poluição. O mesmo se passa com a espécie de *Ficus*, que apresentou pequena diferença em altura em relação ao controle.

Além da redução no crescimento das espécies arbóreas (que constam da tabela 5), foi possível constatar o mesmo fato em plantas de *Piper cernuum* e *Laelia purpurata* expostas nas áreas poluídas, especialmente no Vale do Mogi (vide fotografias). O aspecto geral (expansão, coloração e sintomatologia foliar) dessas plantas indicam de forma clara os efeitos da poluição remanescente nas áreas poluídas. Entretanto, somente com a análise estatística de crescimento ao longo dos 18 meses de exposição, será possível avaliar as diferenças encontradas e seu grau de significância.

Aspectos Morfológicos das Folhas

Neste trabalho preliminar, procurou-se avaliar, visualmente em campo, as alterações foliares entre plantas da mesma espécie expostas nos 3 viveiros experimentais em Cubatão, por 18 meses. Foram avaliados a expansão foliar, a intensidade de coloração das folhas e os sintomas foliares relacionados ao estresse por poluição do ar, cujos dados estão na tabela 6.

Tabela 6 - Caracterização da morfologia foliar de plantas envasadas da Mata Atlântica, expostas a 3 condições de poluição do ar em Cubatão

ESPÉCIE	Expansão Foliar			Coloração da Folha			Sintomatologia Foliar	
	VM	CM	VP	VM	CM	VP	VM	CM
<i>Cecropia glazioui</i>	+	++	+++	++	+++	+	delgada necrose marginal	O
<i>Costus spiralis</i>	+++	++	++	+++	++	++	O	O
<i>Cryptocarya moschata</i>	-	++	+++	-	++	+	---	O
<i>Chrysophyllum sp</i>	+	+++	++	++	++	+	O	O
<i>Euterpe edulis</i>	++	+	++	++	++	++	O	O
<i>Ficus sp</i>	+++	+	++	+++	++	+	O	O
<i>Hedychium coronarium</i>	+	++	+++	+++	++	+	necrose apical pouco pronunc.	necrose apical sutil
<i>Laelia purpurata</i>	+	++	++	+++	+	++	O	descoloração generalizad pigmentação azulada
<i>Philodendron sp</i>	+++	++	+++	+++	++	++	O	manchas cloróticas
<i>Piper cernuum</i>	+	++	+++	+++	++	+	necroses apicais e marginais sutis	necroses apicais e marginais sutis
<i>Psidium cattleianum</i>	++	+++	++	+++	++	+	O	O
<i>Pterocarpus rohrii</i>	+	++	++	++	+++	+	manchas cloróticas, enrolamento das margens	prateamento da epiderme foliar
<i>Tibouchina pulchra</i>	-	+	++	-	++	+	---	sutil clorose interval. enrolamento das margens, às vezes com necrose
<i>Tibouchina pulchra *</i>	+	++	+++	+++	++	+	necroses apicais	sutil clorose interval. enrolamento das margens, às vezes com necrose
<i>Virola oleifera</i>	-	+	+++	-	+	++	---	sutil clorose interval
<i>Zigia cauliflora</i>	++	+	**	++	+	**	O	clorose interval

* plantas expostas durante 8 meses

** a única planta sobrevivente da tréplica, apresentou-se fortemente atrofiada sem razão conhecida

- dado não observado devido à morte da planta ou insuficiência de folhas

A expansão foliar de plantas expostas no Caminho do Mar, da mesma forma como ocorreu com seu crescimento em altura, foi prejudicada em todas as espécies estudadas, quando comparadas à área controle. No Vale do Mogi, somente o *Ficus*, considerado tolerante, apresentou maior expansão foliar do que as plantas da área controle. Entretanto, deve-se ressaltar que as folhas de *Ficus* provenientes do Vale dos Pilões encontravam-se atacadas por fungos, o que pode ter comprometido seu desenvolvimento, mascarando as diferenças com as plantas expostas à poluição.

De uma forma geral, a intensidade da coloração das folhas foi superior em áreas poluídas quando comparadas à área controle. Considerando-se que o nitrogênio constitui um dos principais fatores que controlam o teor de clorofila nas folhas, tal comportamento pode estar refletindo o maior aporte deste nutriente na região poluída, especialmente no Vale do Mogi, onde 67% das plantas apresentaram-se com folhas mais verdes que nas demais viveiros.

No Caminho do Mar e Vale do Mogi, respectivamente, cerca de 56% e 38% das espécies apresentaram sintomas foliares provavelmente relacionados à poluição do ar. No Caminho do Mar, os sintomas são menos específicos mas, por outro lado, mais generalizados. No Vale do Mogi, predominam sintomas específicos relacionados a fluoretos gasosos. A evidência de que este poluente constitui, ainda, um dos principais fatores de degradação da vegetação nessa região, poderá ser confirmada pelas análises químicas foliares a serem realizadas oportunamente.

Além das análises químicas, a avaliação do grau de esclerofilia das folhas examinadas e os dados relativos à capacidade fotossintética permitirão verificar as hipóteses formuladas sobre os efeitos do nitrogênio e a causa das alterações observadas no desenvolvimento das plantas (folhas e caules).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A redução do desenvolvimento vegetativo em todas as espécies estudadas reflete o impacto provocado pela poluição. A aparente eficiência da fotossíntese em áreas poluídas precisa ser avaliada à luz dos dados de esclerofilia e de composição química das folhas, uma vez que o prejuízo no desenvolvimento vegetativo é um claro reflexo da depressão da fotossíntese líquida. É amplamente discutida na literatura esta depressão provocada por diversos poluentes atmosféricos (APPLEGATE, 1960; McLAUGHIN, et al., 1983; BUSTAMANTE, 1988; KLUMPP, 1995).

A interpretação conclusiva dos resultados aqui apresentados só será possível mediante o tratamento estatístico de todos os dados obtidos sobre o comportamento fisiológico e de desenvolvimento das plantas e da obtenção de dados sobre a nutrição foliar. As análises de composição isotópica de carbono nas plantas submetidas à poluição do ar contribuirão na identificação da ocorrência de situações de estresse hídrico induzidas pela poluição de Cubatão, causa bastante provável das alterações observadas no desenvolvimento vegetativo. Estas análises serão elaboradas pelo Centro Nacional de Energia Nuclear - CENA e o resultado final deste experimento envolverá, as seguintes etapas:

1. Análise estatística dos dados de crescimento
2. Determinação da área foliar
3. Determinação do grau de esclerofilia foliar
4. Determinação da composição isotópica de carbono em folhas e caules
5. Interpretação do curso diário de fotossíntese e transpiração
6. Elaboração das curvas de saturação
7. Análise do comportamento da condutância estomática
8. Realização de análise química foliar e do substrato

CONCLUSÕES

Acentuada redução no desenvolvimento vegetativo e ocorrência de injúrias foliares visíveis constituem, até o momento, as principais alterações observadas nas plantas expostas à poluição no Caminho do Mar e Vale do Mogi. Ocorre um aumento da capacidade fotossintética por superfície foliar em algumas espécies expostas à poluição em relação ao controle (Vale dos Pilões) que pode estar relacionado a um aumento de clorofila proporcionado pela maior disponibilidade de nitrogênio nas folhas das plantas de áreas poluídas (a ser confirmada por meio de análises químicas).

É necessário avaliar o grau de esclerofilia foliar, o teor de nutrientes e a composição isotópica de carbono das plantas estudadas para identificar com maior segurança os mecanismos de ação dos poluentes e identificar as causas (e sua intensidade) da degradação da vegetação nas duas áreas poluídas e, assim, fornecer subsídios às ações de controle da CETESB.

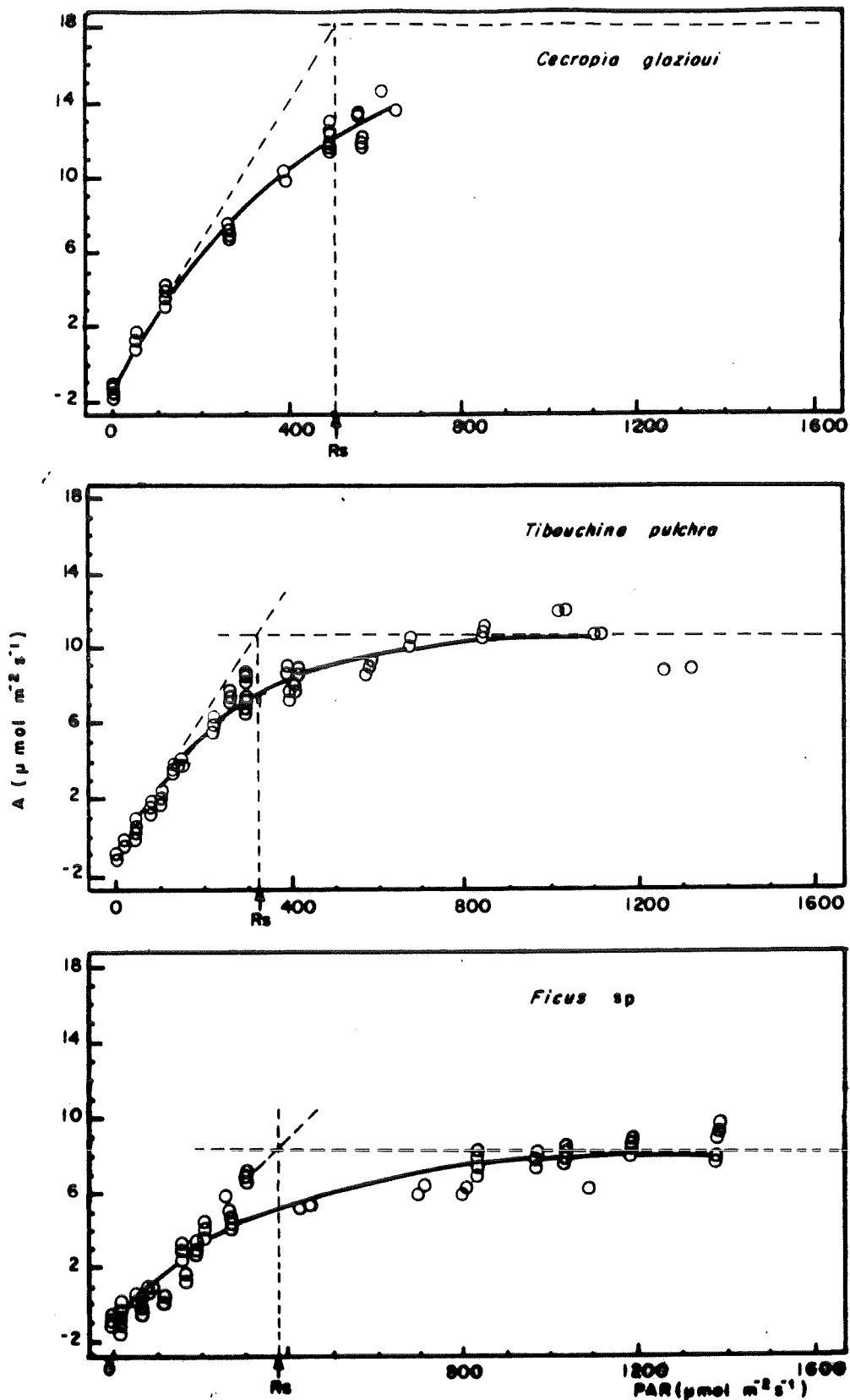
BIBLIOGRAFIA

- APPLEGATE, H.G. e ADAMS, A. Effect of atmospheric fluoride on respiration of bush beans. Botanical Gazette, 121, 223-227. 1960.
- BUSTAMANTE, M.M.C. Efeitos fisiológicos e bioquímicos do fluor em dois cultivares de soja (*Glycine max* L. Merrill). Viçosa, MG. Dissertação de Mestrado. 75 p. 1988.
- CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants.** New York, Columbia University Press. 1259 p. 1981.
- McLAUGHLIN, 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.
- KLUMPP, A. Air pollution and vegetation damage at the Serra do Mar Near Cubatão, SP. In: XLMI Congresso Nacional de Botânica, Ribeirão Preto - SP. p. 375. 1995.
- 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.
- ROBICHAUX, R.H. Variation in the tissue water relations of two sympatric Hawaiian *Dubautia* species and their natural hybrid. Oecologia 65, 75-81. 1984.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMNER, H.T.; BRADSTREET, E.D.; HEMMINGSEN, E. A. Sap pressure in vascular plants. Science 148, 339-346. 1965.

ANEXO 1:

- CURVAS DE SATURAÇÃO À LUZ
- CURSO DIÁRIO DA TRANSPIRAÇÃO FOLIAR
- CURSO DIÁRIO DA CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA
- CURSO DIÁRIO DA FOTOSSÍNTESE LÍQUIDA
- CURSO DIÁRIO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA

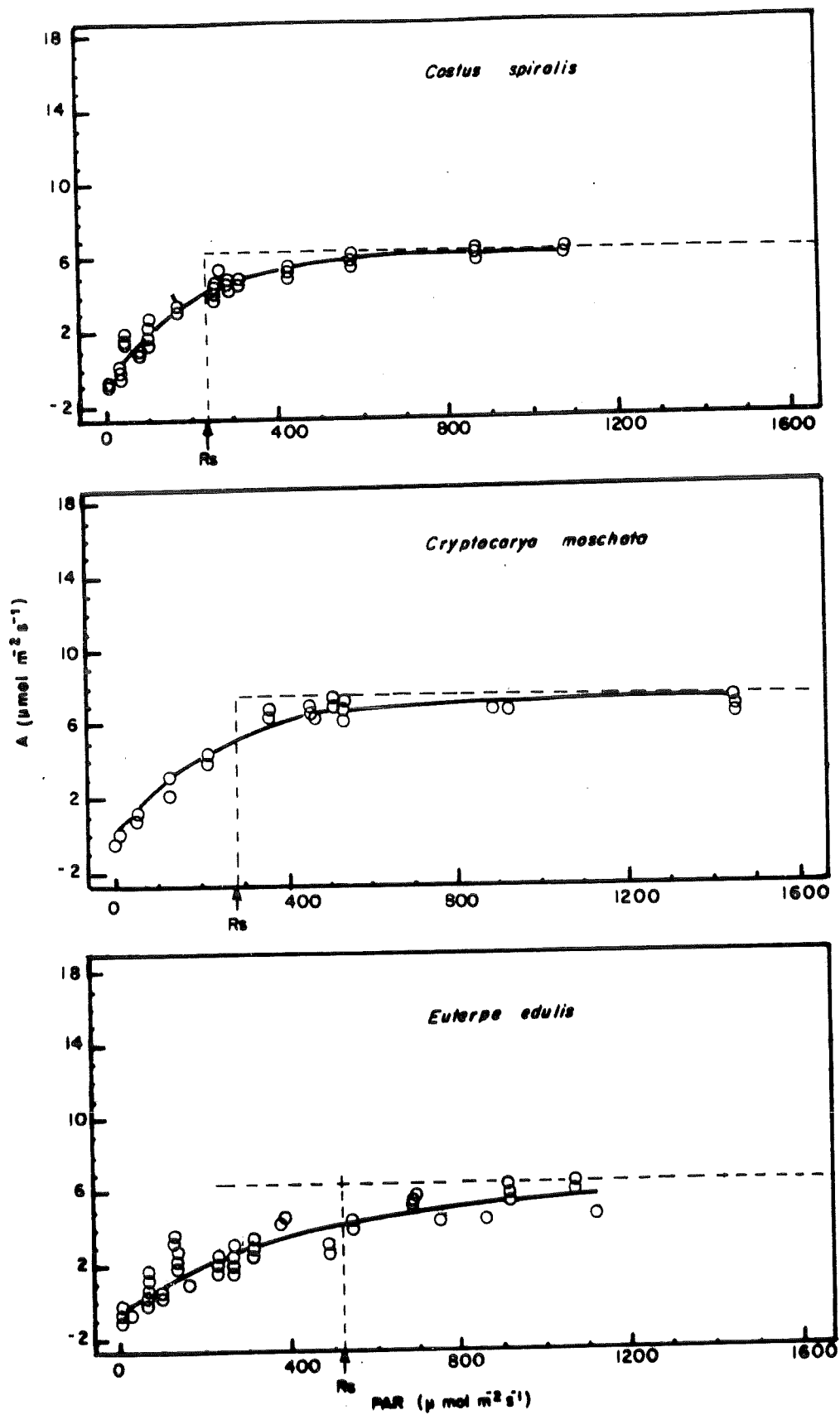
GRÁFICOS REFERENTES AS ESPÉCIES ANTES DE SEREM EXPOSTAS A DIFERENTES CONDIÇÕES DE POLUIÇÃO



A - assimilação de CO₂ (fotossíntese líquida)

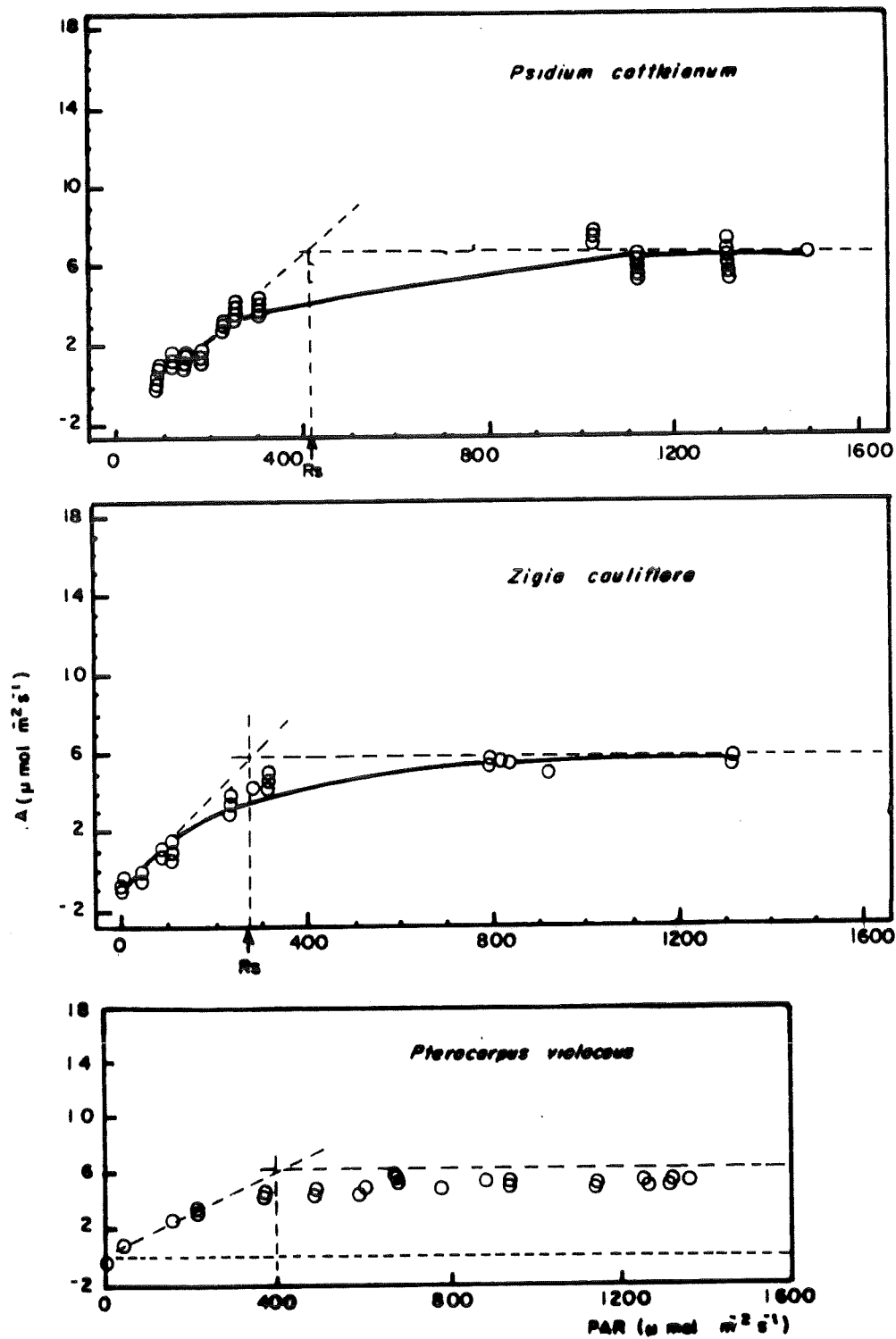
PAR - radiação fotossinteticamente ativa

FIG.1A - CURVA DE SATURAÇÃO DE ESPÉCIES DA MATA ATLÂNTICA



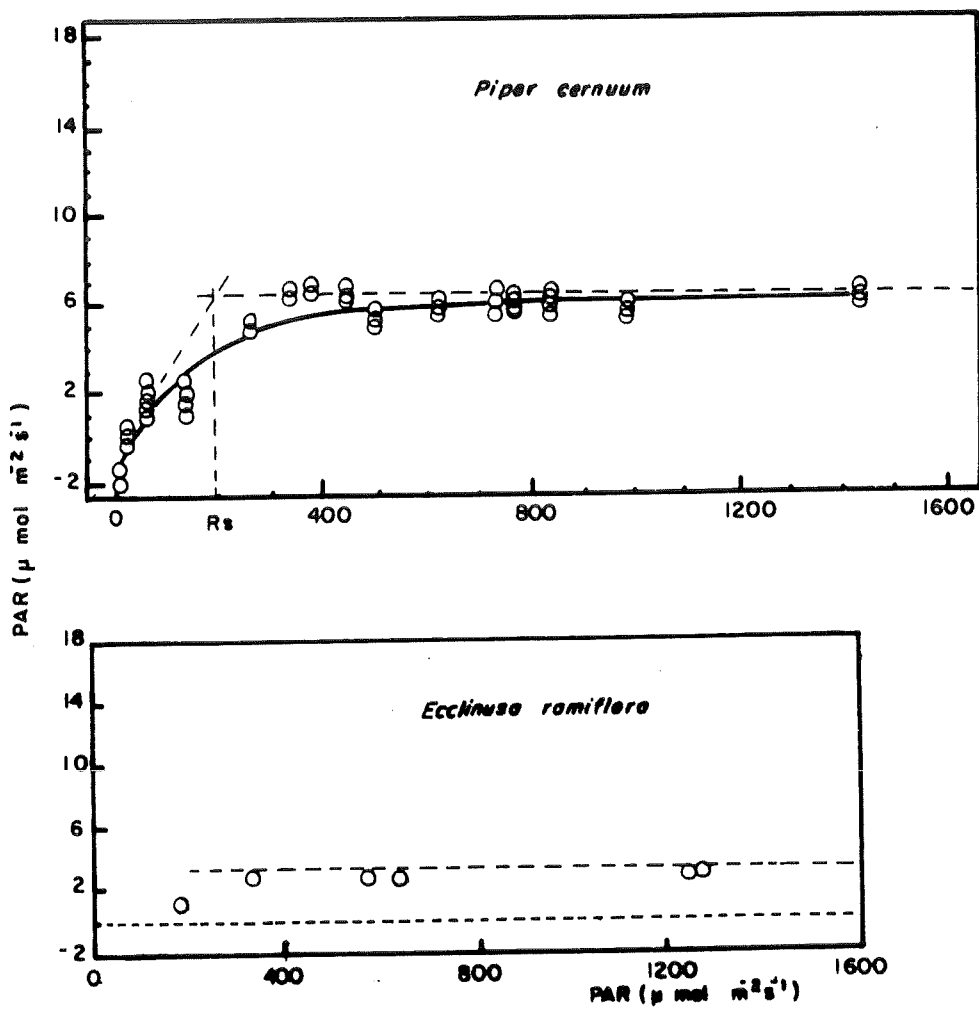
A - assimilação de CO₂ (fotossíntese líquida)
 PAR - radiação fotossinteticamente ativa

FIG. 1B - CURVA DE SATURAÇÃO DE ESPÉCIES DA MATA ATLÂNTICA



A - assimilação de CO₂ (fotossíntese líquida)
PAR - radiação fotossinteticamente ativa

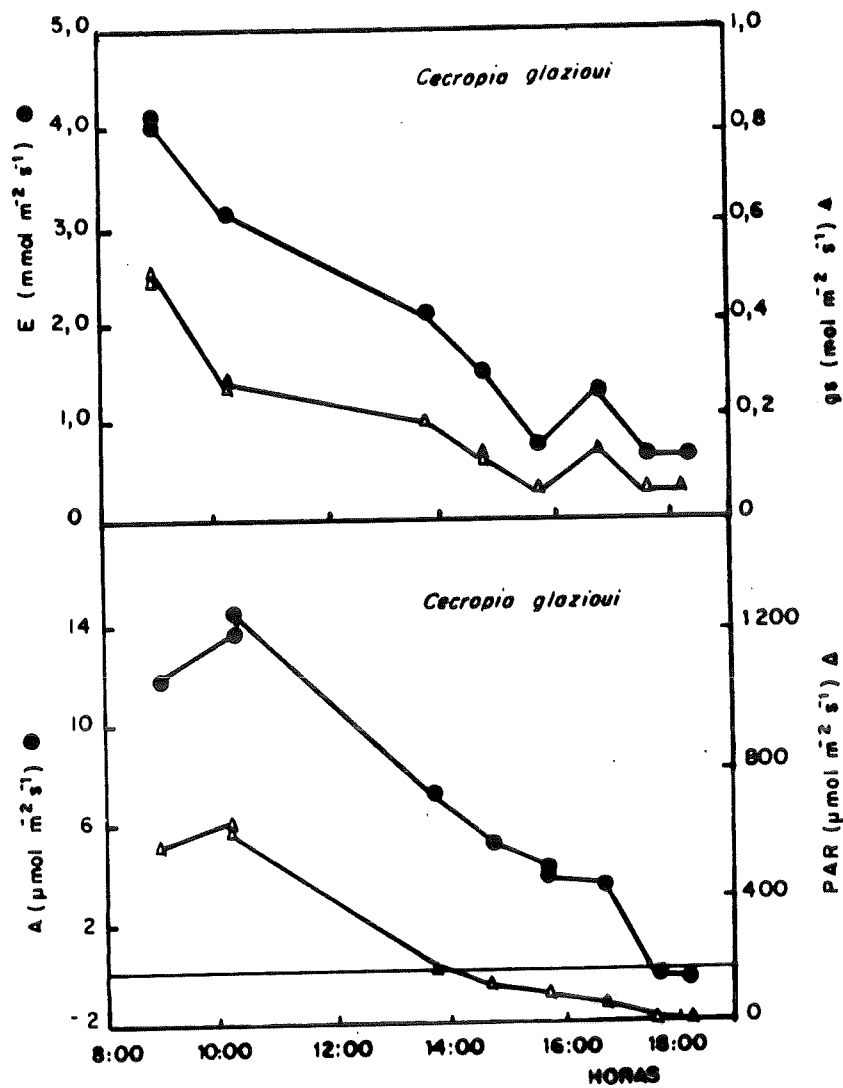
FIG.1C- CURVA DE SATURAÇÃO DE 3 ESPÉCIES DA MATA ATLÂNTICA



A - assimilação de CO₂ (fotossíntese líquida)

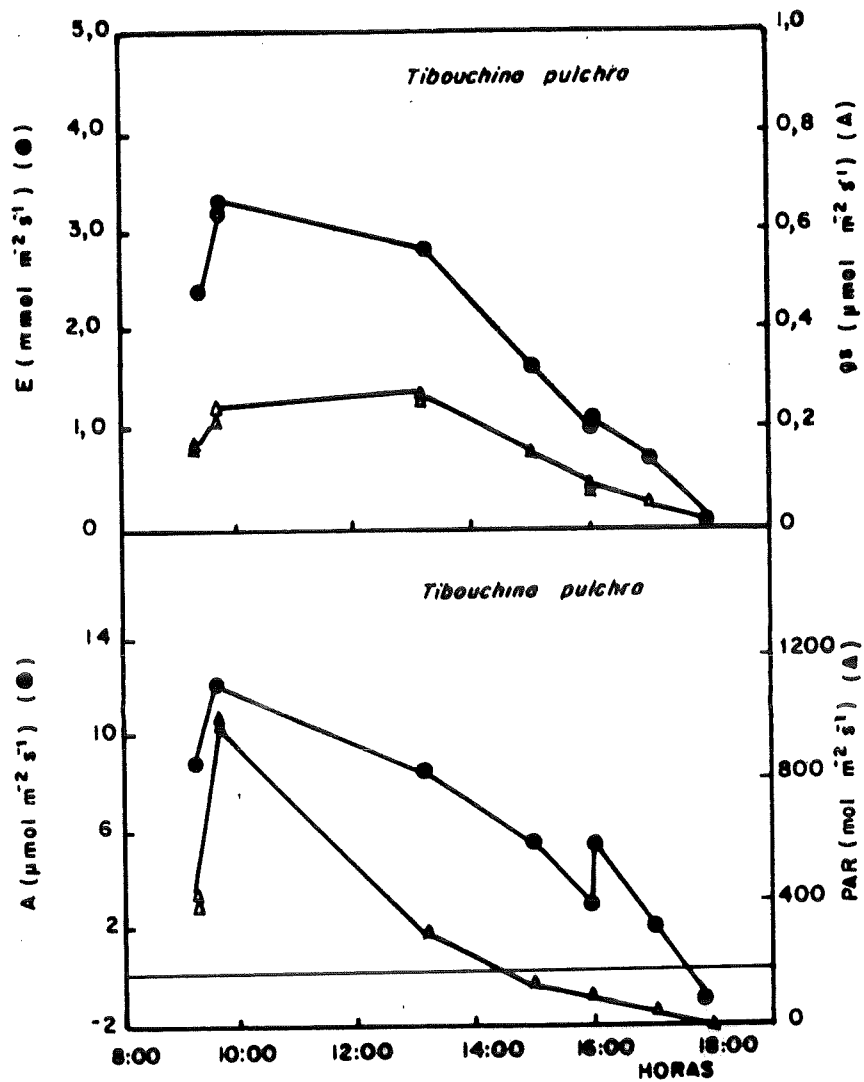
PAR - radiação fotossinteticamente ativa

FIG.1D - CURVA DE SATURAÇÃO DE ... ESPÉCIES DA MATA ATLÂNTICA



E = transpiração foliar A = assimilação de CO₂
 gs = condutância estomática (fotossíntese líquida)
 PAR = Radiação fotossinteticamente
 ativa

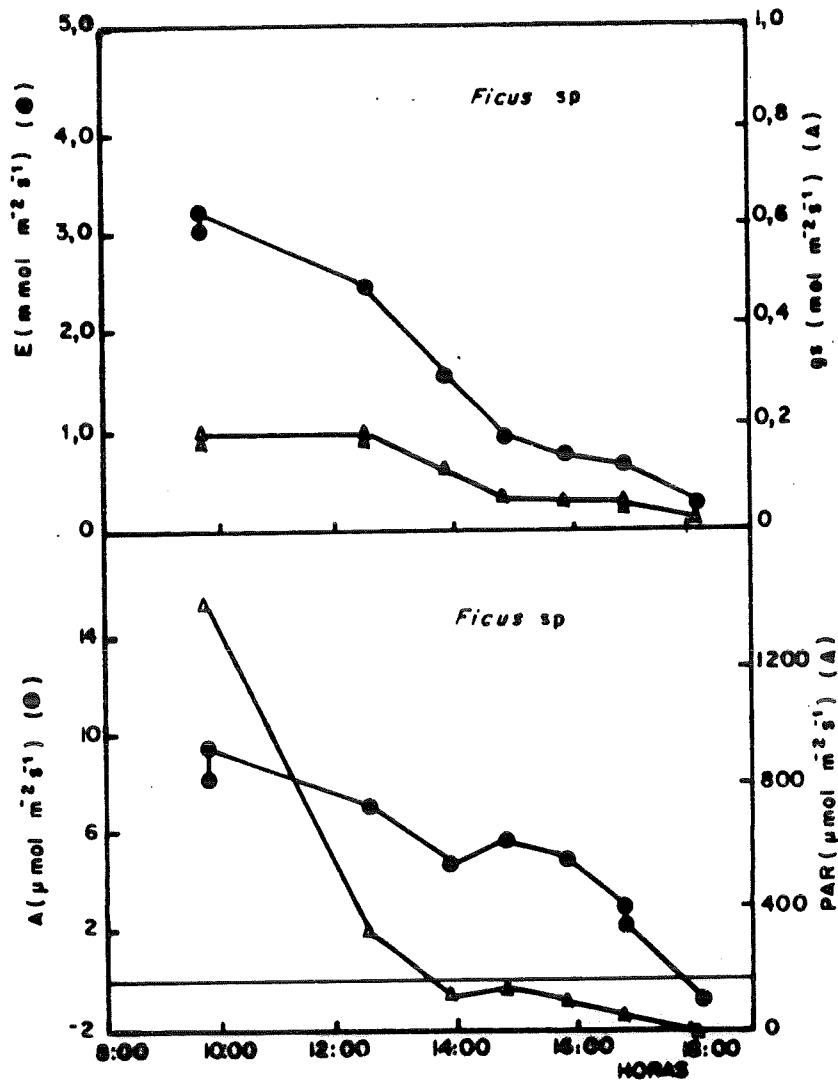
FIG. 2A - CURSO DIÁRIO DOS VALORES DE TRANSPIRAÇÃO FOLIAR, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA, FOTOSSÍNTESE LÍQUIDA E RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA



E = transpiração foliar
 gs = condutância estomática

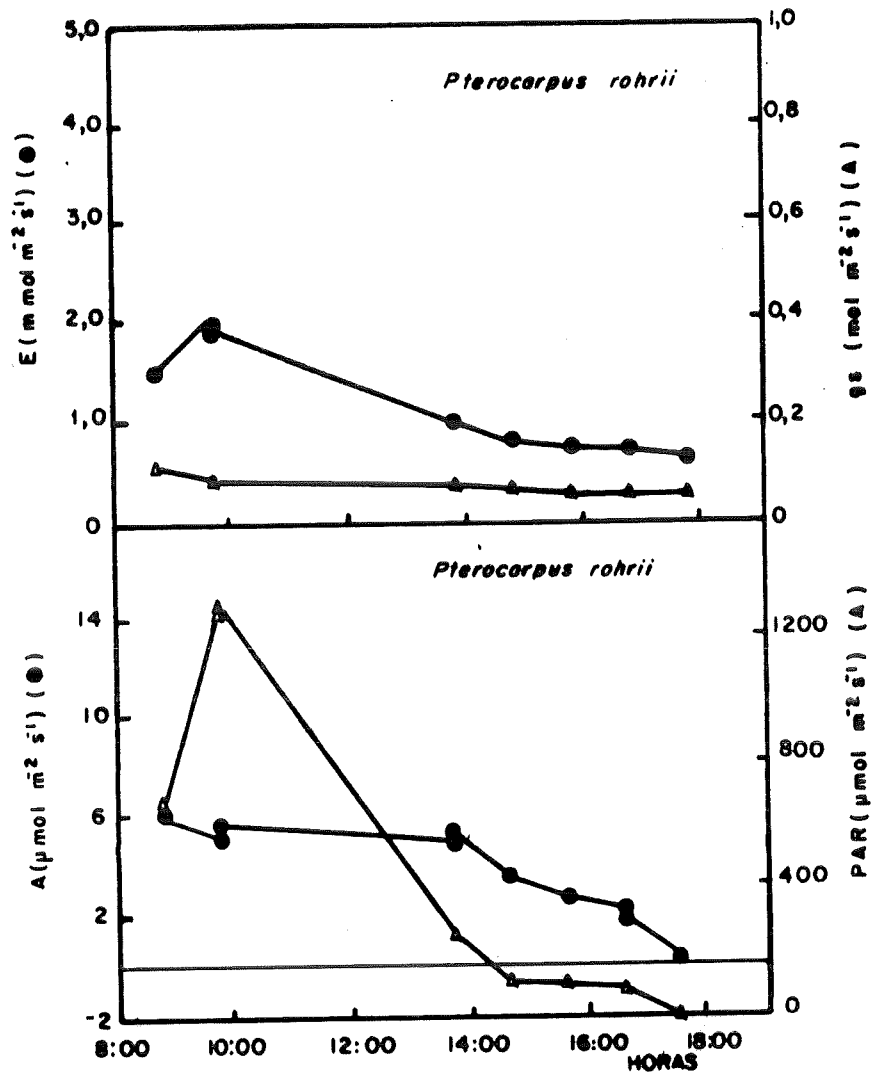
A = assimilação de CO_2 (fotossíntese líquida)
 PAR = Radiação fotossinteticamente ativa

FIG. 2B - CURSO DIÁRIO DOS VALORES DE TRANSPIRAÇÃO FOLIAR, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA, FOTOSSÍNTESE LÍQUIDA E RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA



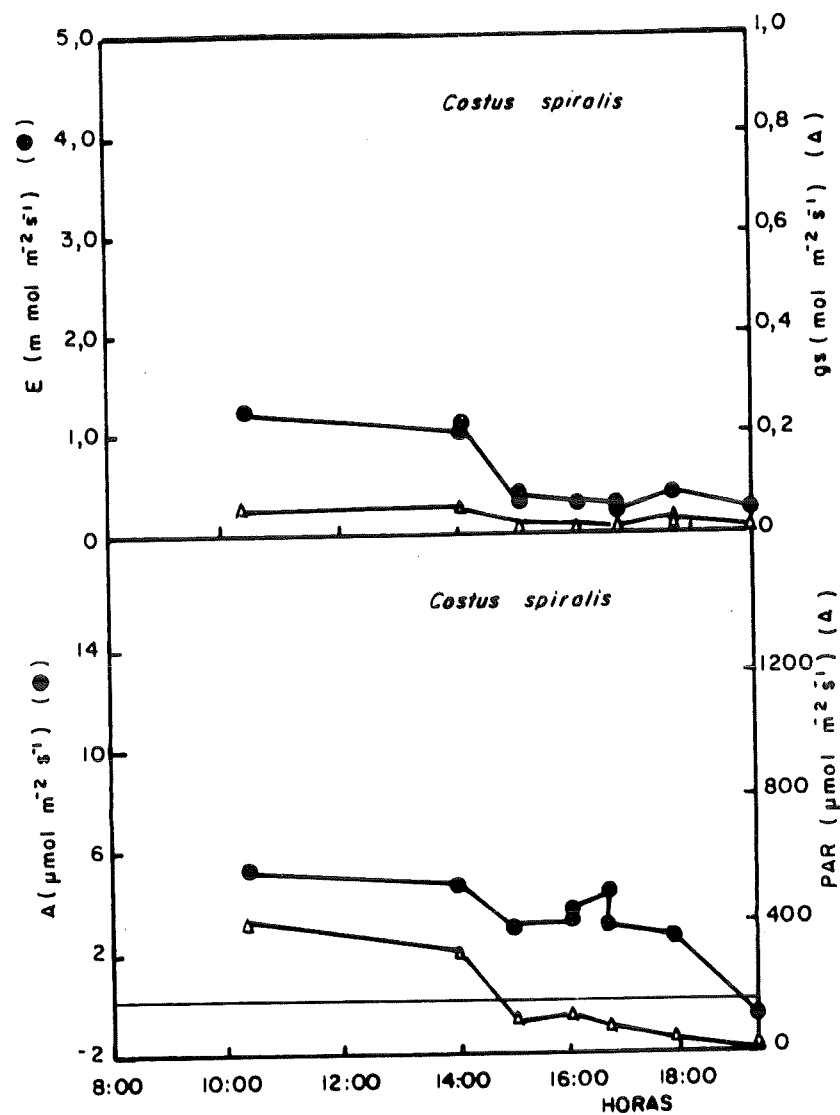
E = transpiração foliar A = assimilação de CO₂ -
 gs = condutância estomática (fotossíntese líquida)
 PAR = Radiação fotossinteticamente
 ativa

FIG.2 C - CURSO DIÁRIO DOS VALORES DE TRANSPIRAÇÃO FOLIAR, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA, FOTOSSÍNTESE LÍQUIDA E RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA



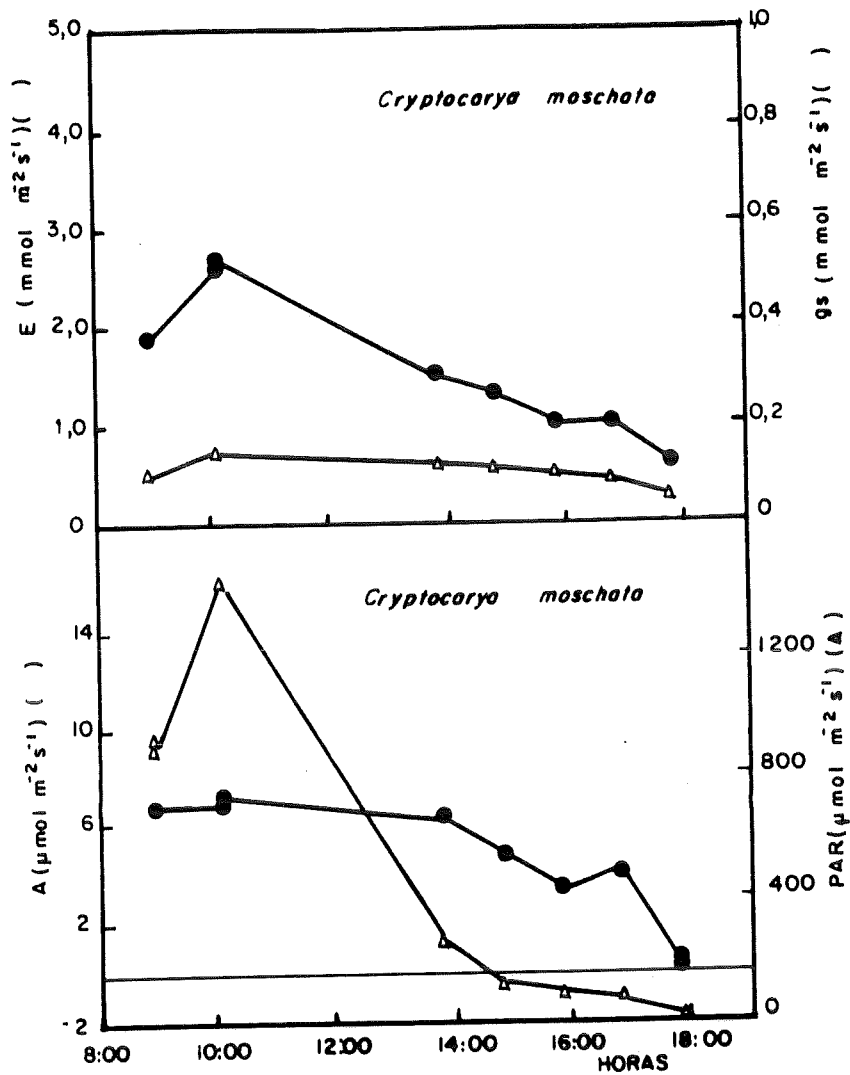
E = transpiração foliar
 gs = condutância estomática
 A = assimilação de CO_2
 (fotossíntese líquida)
 PAR = Radiação fotossinteticamente
 ativa

FIG.2D - CURSO DIÁRIO DOS VALORES DE TRANSPIRAÇÃO FOLIAR, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA, FOTOSSÍNTESE LÍQUIDA E RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA



E = transpiração foliar A = assimilação de CO₂
 gs = condutância estomática (fotossíntese líquida)
 PAR = Radiação fotossinteticamente
 ativa

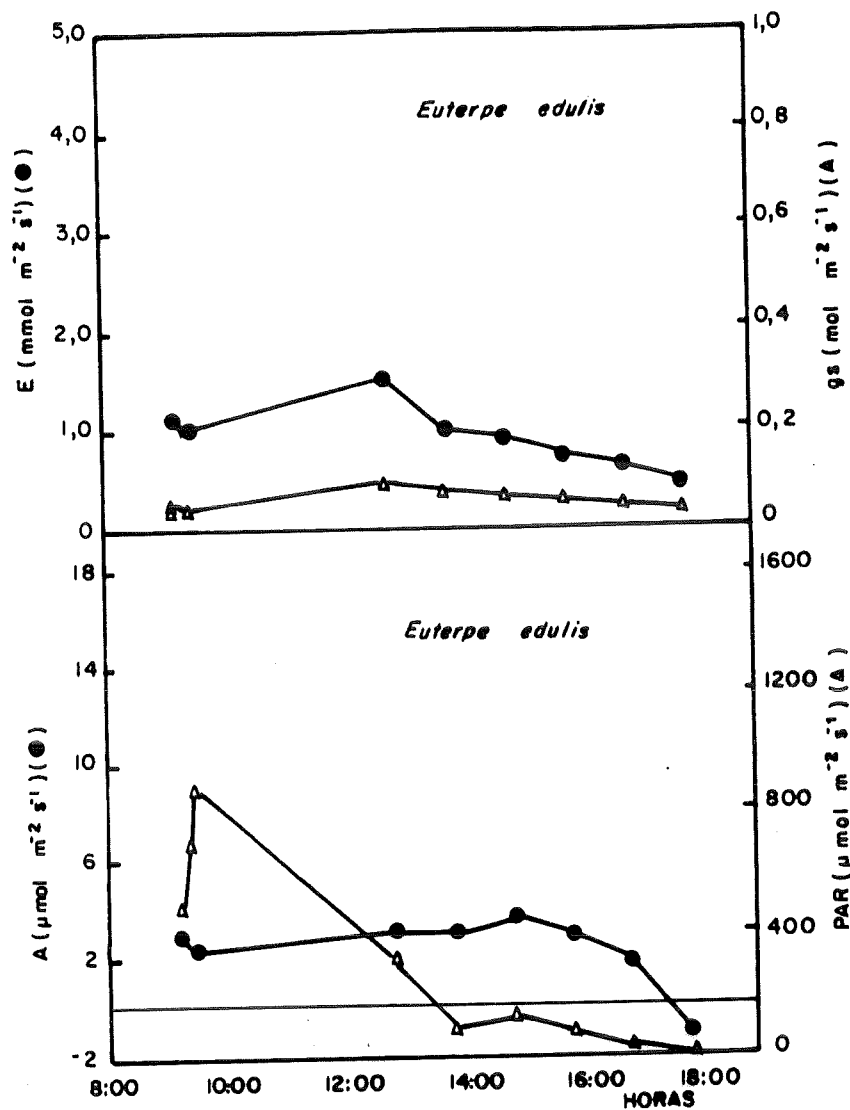
FIG.2E - CURSO DIÁRIO DOS VALORES DE TRANSPIRAÇÃO FOLIAR, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA, FOTOSSÍNTESE LÍQUIDA E RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA



E = transpiração foliar
 gs = condutância estomática
 A = assimilação de CO₂ (fotossíntese líquida)
 PAR = Radiação fotossinteticamente ativa

FIG.2F - CURSO DIÁRIO DOS VALORES DE TRANSPIRAÇÃO FOLIAR, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA, FOTOSSÍNTESE LÍQUIDA E RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA

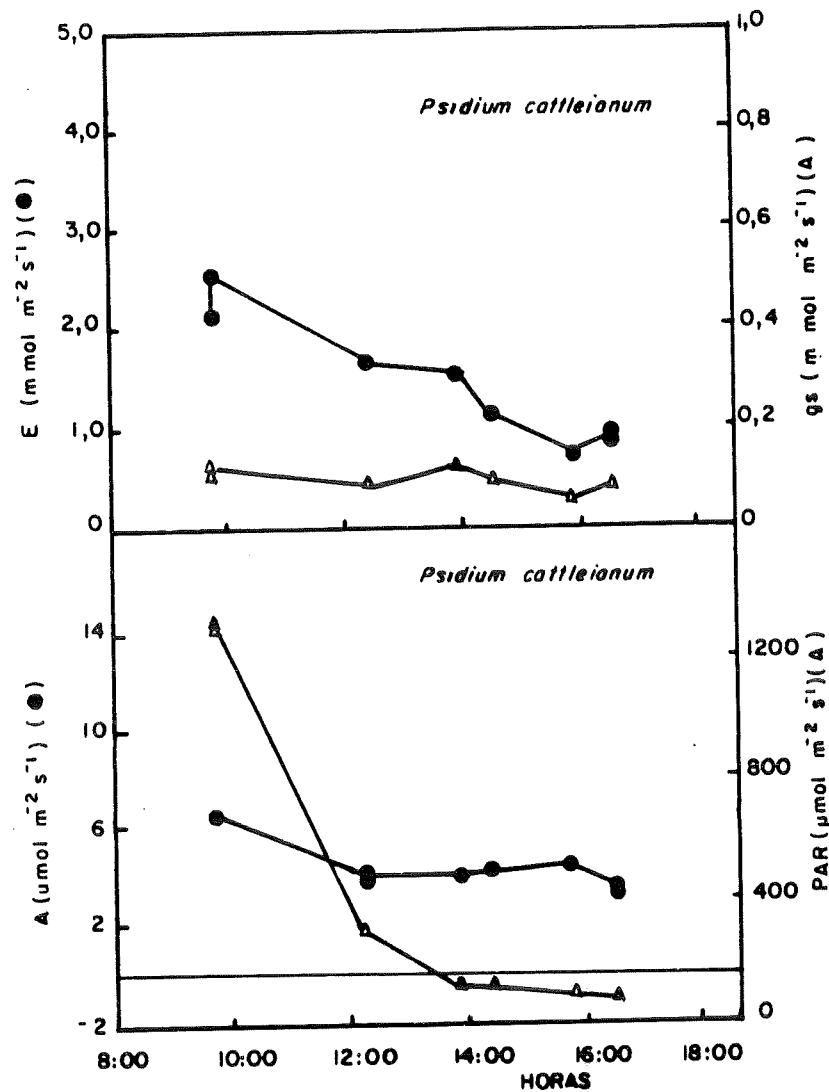
LEFESB - CN. DE PESQUISA DE SÓCIO AMBIENTE
 BIBLIOTECA



E = transpiração foliar
 gs = condutância estomática

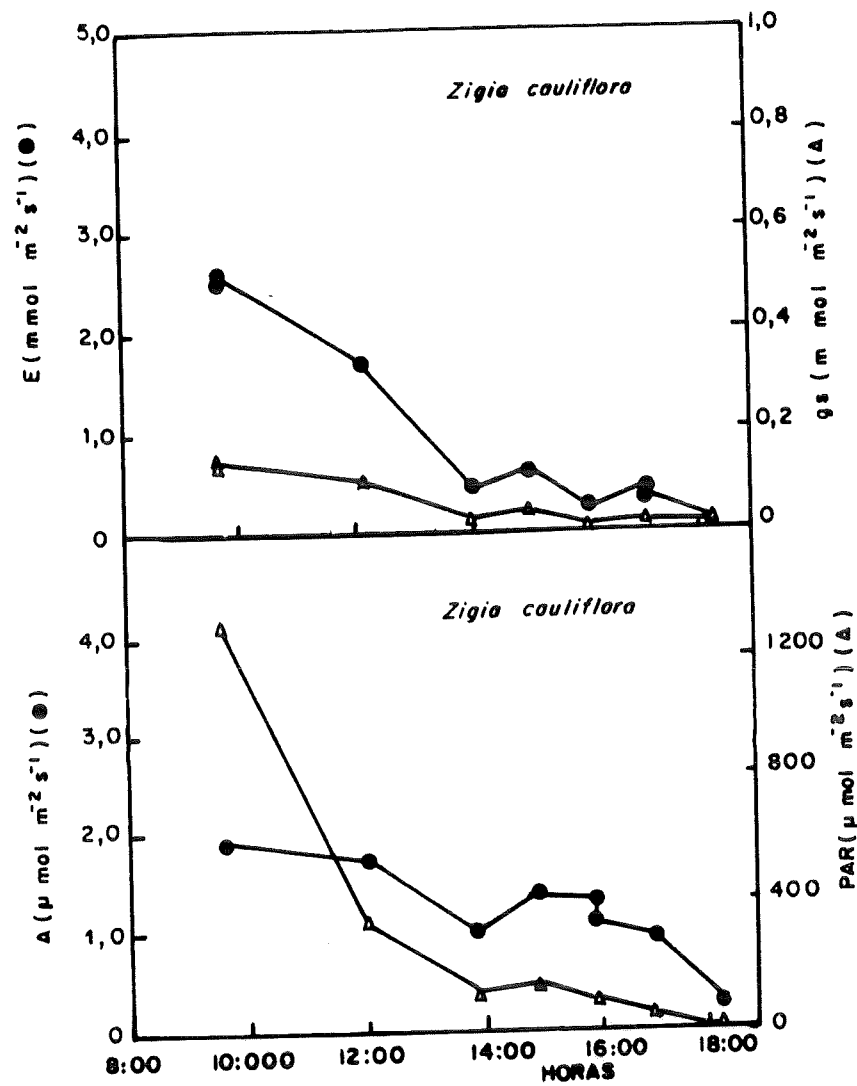
A = assimilação de CO₂ (fotossíntese líquida)
 PAR = Radiação fotossinteticamente ativa

FIG.2G - CURSO DIÁRIO DOS VALORES DE TRANSPIRAÇÃO FOLIAR, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA, FOTOSSÍNTESE LÍQUIDA E RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA



E = transpiração foliar A = assimilação de CO₂
 gs = condutância estomática (fotossíntese líquida)
 PAR = Radiação fotossinteticamente
 ativa

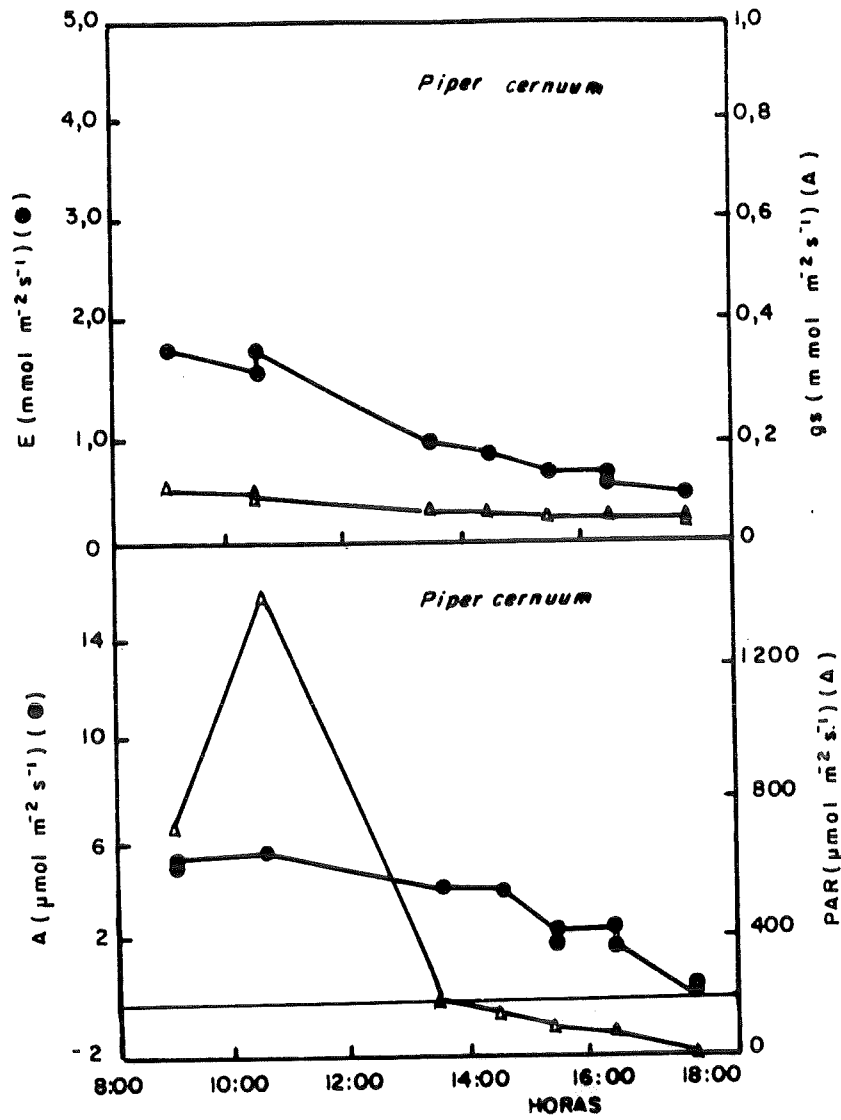
FIG.2H - CURSO DIÁRIO DOS VALORES DE TRANSPIRAÇÃO FOLIAR, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA, FOTOSSÍNTESE LÍQUIDA.E RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA



E = transpiração foliar
 gs = condutância estomática

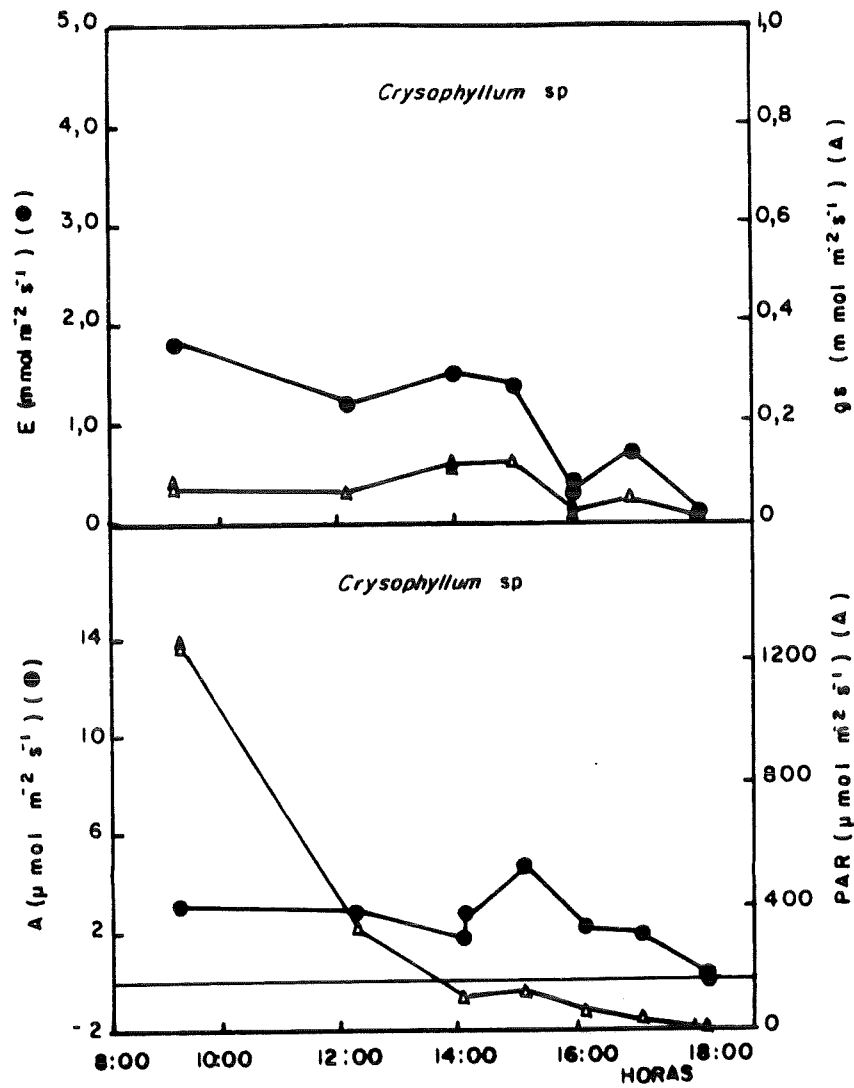
A = assimilação de CO₂
 (fotossíntese líquida)
 PAR = Radiação fotossinteticamente
 ativa

FIG.2I - CURSO DIÁRIO DOS VALORES DE TRANSPIRAÇÃO FOLIAR, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA, FOTOSSÍNTESE LÍQUIDA E RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA



E = transpiração foliar
 gs = condutância estomática
 A = assimilação de CO₂
 (fotossíntese líquida)
 PAR = Radiação fotossinteticamente
 ativa

FIG.2J - CURSO DIÁRIO DOS VALORES DE TRANSPIRAÇÃO FOLIAR, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA, FOTOSSÍNTESE LÍQUIDA E RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA



E = transpiração foliar
 gs = condutância estomática
 A = assimilação de CO_2
 (fotossíntese líquida)
 PAR = Radiação fotossinteticamente
 ativa

FIG. 2K - CURSO DIÁRIO DOS VALORES DE TRANSPIRAÇÃO FOLIAR, CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA, FOTOSSÍNTESE LÍQUIDA E RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA

ANEXO 2

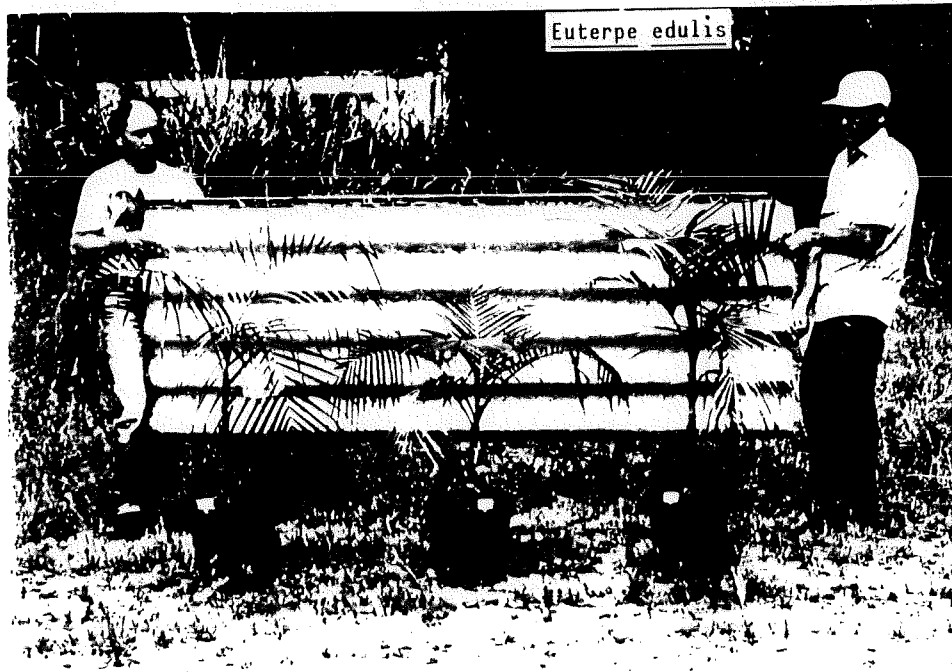
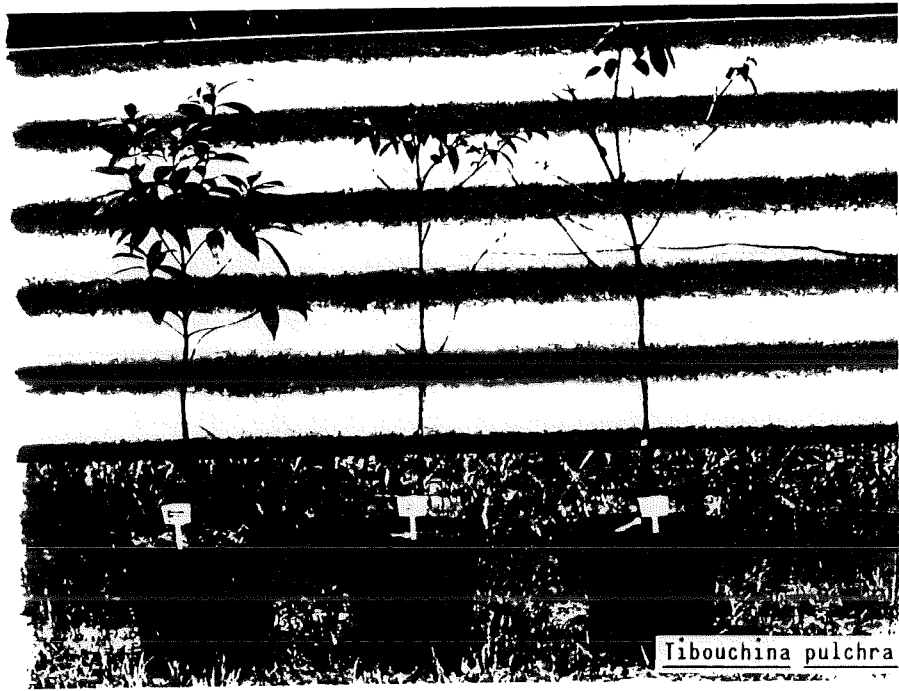
ASPECTOS MORFOLÓGICOS DE ESPÉCIES EXPOSTAS A TRÊS CONDIÇÕES DE POLUIÇÃO:

Vale dos Pilões - plantas à esquerda das fotos

Caminho do Mar - plantas ao centro das fotos

Vale do Mogi - plantas à direita das fotos









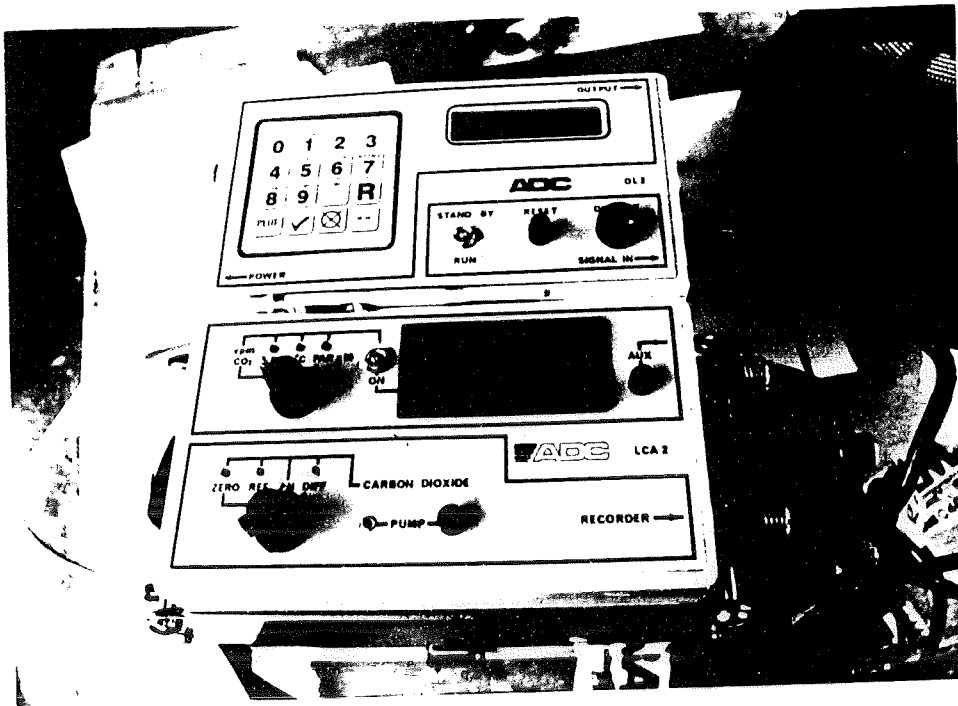
Psidium cattleianum



Chrysophyllum sp

ANEXO 3

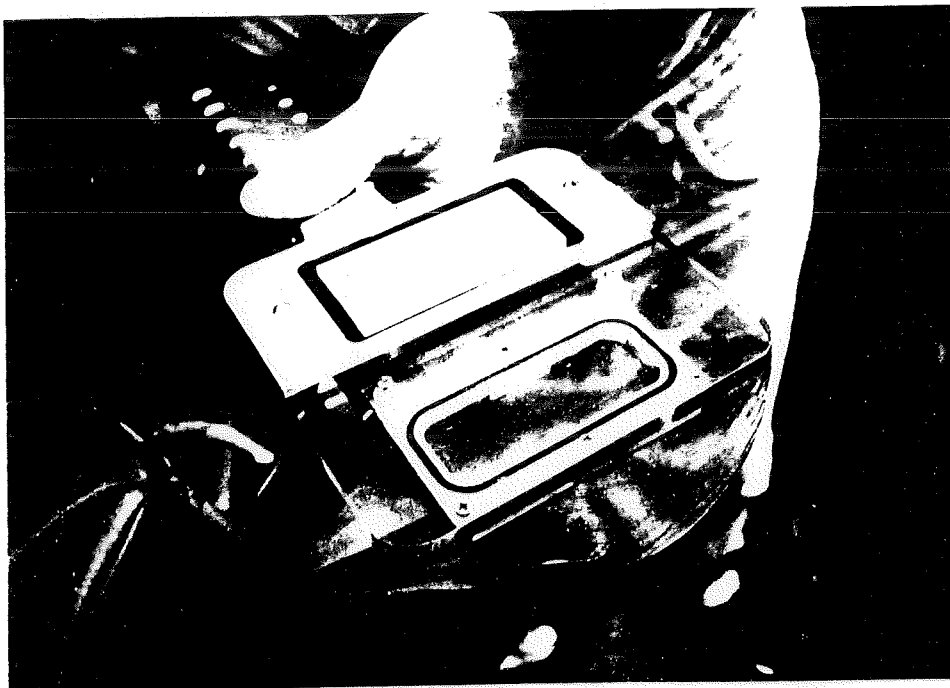
EQUIPAMENTOS USADOS NO ESTUDO DE TROCAS GASOSAS EM PLANTAS



CÂMARA DE ANÁLISE FOLIAR PORTÁTIL DO "INFRA RED GAS ANALYSER"



MEDIÇÃO DAS TROCAS GASOSAS EM *Cryptocarya moscnata*



DETALHE DA MEDIÇÃO DAS TROCAS GASOSAS EM Costus spiralis



Medição de fotossíntese em Psidium cattleyanum



Câmara de Scholander para medição do potencial hídrico foliar

