

PATRÍCIA WOLF VEIGA

**ANÁLISE DA INTEGRIDADE CELULAR DO FOTOBIONTE E DA
CONCENTRAÇÃO DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS EM LIQUENS
SELECIONADOS DE ÁREAS URBANAS EM CURITIBA, PARANÁ**

**Monografia apresentada ao
Departamento de Botânica, Setor de
Ciências Biológicas, Universidade
Federal do Paraná como requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Ciências Biológicas.**

**Orientadora: Prof^a. Dra. Sionara
Eliasaro**

CURITIBA

2006

Dedico a minha querida mãe, Sandra

AGRADECIMENTOS

À minha família que sempre está do meu lado e me apóia em todas as decisões.

À professora Sionara Eliasaro pela orientação, atenção e dedicação durante meus quatro anos de graduação.

Ao Laboratório de Ficologia, em especial a Eloési Santos e professora Thelma Veiga Ludwig pelo auxílio com o espectrofotômetro, extração e análise de clorofila e feofitina.

À professora Maria Regina Boeger pela ajuda com a metodologia e empréstimo do material de laboratório para extração de clorofila.

Ao professor Juarez Gabardo pelo grande apoio com os cálculos estatísticos.

A Felipe de Almeida Ribeiro pelo companheirismo, amor, dedicação, paciência e auxílio em todas saídas de campo, além das fotografias.

A Josiane Wolf Veiga que esteve presente nos momentos em que precisei de seu apoio.

Aos meus amigos que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização desse trabalho e, por não dizer, de toda a minha formação.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE GRÁFICOS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	viii
1 INTRODUÇÃO	01
2 MATERIAL E MÉTODOS	05
2.1 ÁREA DE ESTUDO	05
2.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM	05
2.3 ESPÉCIES SELECIONADAS.....	08
2.4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	10
2.4.1 Integridade celular do fotobionte	10
2.4.2 Concentração de pigmentos fotossintéticos	11
2.5 ANÁLISE DOS DADOS	12
3 RESULTADOS	13
3.1 INTEGRIDADE CELULAR DO FOTOBIONTE	13
3.2 CONCENTRAÇÃO DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS	15
4 DISCUSSÃO	19
5 CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	24
ANEXO	28

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Mapa de Curitiba com os pontos de coleta	06
FIGURA 2 -	Ponto de intenso tráfego veicular, Rua João Gualberto, Centro Cívico (Ponto 1)	07
FIGURA 3 -	Ponto de moderado tráfego veicular, Rua Herculano C. F. de Souza, Água Verde (Ponto 2)	07
FIGURA 4 -	Ponto de pequeno tráfego veicular, Rua Rodrigo Otávio, Hugo Lange (Ponto 3)	07
FIGURA 5 -	<i>Canoparmelia texana</i> sobre o córtex de <i>Syagrus romanzoffiana</i> no ponto de intenso tráfego de veículos – ponto 1	08
FIGURA 6 -	<i>Dirinaria applanata</i> sobre o córtex de <i>Syagrus romanzoffiana</i> no ponto de moderado tráfego de veículos – ponto 2	09
FIGURA 7 -	<i>Myelochroa lindmanii</i> sobre o córtex de <i>Syagrus romanzoffiana</i> no ponto de pequeno tráfego de veículos – ponto 3	09
FIGURA 8 -	Células vivas (A) e células mortas (B) em M.O. de 1000x	11
FIGURA 9 -	Obtenção dos discos com furador de rolha	12

LISTA DE GRÁFICOS

- GRÁFICO 1 - Médias da porcentagem de células mortas do fotobionte das espécies selecionadas nos pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR..... 14
- GRÁFICO 2 - Médias da concentração de clorofila *a* (Clo *a*), clorofila *b* (Clo *b*), clorofila total (Clo *t*) e feofitina (feo) para *Canoparmelia texana* nos pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR. 15
- GRÁFICO 3 - Médias da concentração de clorofila *a* (Clo *a*), clorofila *b* (Clo *b*), clorofila total (Clo *t*) e feofitina (feo) para *Dirinaria applanata* nos pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR. 16
- GRÁFICO 4 - Médias da concentração de clorofila *a* (Clo *a*), clorofila *b* (Clo *b*), clorofila total (Clo *t*) e feofitina (feo) para *Myelochroa lindmanii* nos pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR. 17
- GRÁFICO 5 - Razão feofitina/clorofila para cada espécie selecionada segundo os pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR. 18

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Médias da porcentagem de células mortas do fotobionte das espécies selecionadas nos pontos de intenso tráfego (Ponto1), tráfego moderado (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR.	13
TABELA 2 - Médias da porcentagem de células mortas do fotobionte nos pontos de intenso tráfego (Ponto1), tráfego moderado (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3) por espécie selecionada, Curitiba – PR.	14
TABELA 3 - Médias da concentração de clorofila <i>a</i> (Clo <i>a</i>), clorofila <i>b</i> (Clo <i>b</i>), clorofila total (Clo t) e feofitina (feo) nos pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3) segundo as espécies selecionadas, Curitiba-PR.	15
TABELA 4 - Médias da concentração de clorofila <i>a</i> (Clo <i>a</i>), clorofila <i>b</i> (Clo <i>b</i>), clorofila total (Clo t) e feofitina (feo) das espécies selecionadas nos pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR.	17
TABELA 5 - Razão feofitina/clorofila para cada espécie selecionada segundo os pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR.	18

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido na cidade de Curitiba, localizada na região central do primeiro planalto paranaense (latitude sul de 25°30' e longitude oeste de 49°15'), e teve como objetivo fornecer subsídios a futuros estudos de biomonitoramento da qualidade do ar utilizando líquens nesta cidade. Para tanto foram feitas as análises da integridade celular do fotobionte e concentração de pigmentos fotossintéticos de *Canoparmelia texana* (Tuck) Elix & Hale, *Dirinaria applanata* (Fée) Awasthi e *Myelochroa lindmanii* (Lynge) Elix & Hale sobre *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm (Jerivá) utilizado na arborização urbana de Curitiba. A amostragem foi realizada em áreas classificadas em três categorias: 1- intenso tráfego veicular (mais de 120 veículos/hora), 2 - tráfego veicular moderado (de 80 a 120 veículos/hora) e 3 - pequeno tráfego veicular (menos que 80 veículos/hora). Com o teste vermelho neutro verificou-se o percentual de células vivas e mortas (plasmolisadas) do fotobionte, analisando-se 900 células de cada espécie. As concentrações de clorofilas *a*, *b* e feofitina foi realizada através da leitura de absorvância nos comprimentos de onda de 647nm e 664nm em espectrofotômetro. O ponto de pequeno tráfego veicular apresentou os menores percentuais de células mortas para todas as espécies selecionadas. *Myelochroa lindmanii* e *Dirinaria applanata* apresentaram um aumento no percentual de células mortas positivamente correlacionado ao incremento do fluxo de veículos. *Canoparmelia texana* apresentou menor variação de células plasmolisadas entre os pontos de intenso e pequeno tráfego veicular, assim como proporções de feofitina/clorofila e concentrações dos pigmentos fotossintéticos estatisticamente iguais entre esses pontos. São feitas proposições sobre fatores que possam estar influenciando nos danos ocasionados nos talos líquênicos ao incremento do fluxo veicular. Espécies com maior e menor sensibilidade são indicadas para serem utilizadas em futuros estudos de biomonitoramento da qualidade do ar em Curitiba.

Palavras-chave: bioindicadores, *Canoparmelia texana*, clorofila, plasmólise, *Trebouxia*

1. INTRODUÇÃO

Os líquens são resultado de uma associação simbiótica entre um fungo (Micobionte) e uma alga verde e/ou cianobactéria (Fotobionte). Os micobiontes líquênicos pertencem em sua maioria a Ascomycota, havendo aproximadamente 17.000 espécies (NASH III, 1996). Cerca de 25 gêneros de clorófitas que correspondem a aproximadamente 85% de todas as associações (HONNEGER¹, apud REIS, 2005), e 12 gêneros de cianobactérias já foram citados como participantes desta simbiose sendo que unicamente 2 a 3% dos talos líquênicos tiveram seus fotobiontes identificados em nível específico (BRODO; DURAN e SHARNOFF, 2001). *Trebouxia* spp. representa o fotobionte mais comumente encontrado, estando presente em aproximadamente 20% de todos os líquens, sendo raramente encontrado em vida livre (FRIELDS e BUDEL, 1996).

Os líquens são perenes - a vida média de algumas espécies de Parmeliaceae e Physciaceae varia de 10 a 30 anos (JAHNS e OTT, 1997) - crescem lentamente, não possuem uma cutícula protetora ou estômatos e absorvem água e minerais diretamente do ambiente, o que possibilita que diferentes poluentes presentes na atmosfera sejam absorvidos pela superfície do talo durante o ano todo (GRIES, 1996). Por apresentarem estas características vêm sendo utilizados há décadas como bioindicadores da poluição atmosférica. Especialmente durante os últimos anos, numerosos estudos têm sido realizados para avaliar o efeito da poluição do ar sobre os líquens, sendo a literatura tão vasta que a revista "The Lichenologist" publica regularmente atualizações contendo referências e resumos destes trabalhos (HENDERSON, 1997, 1998, 1999a, 1999b). Estes estudos empregam diferentes métodos, os quais analisam diferentes parâmetros como: mapeamento, declínio na diversidade, presença ou ausência de espécies selecionadas e alterações morfológicas, anatômicas e fisiológicas. No entanto, a maioria destes estudos são realizados no hemisfério norte.

A maioria dos trabalhos de poluição atmosférica utilizando líquens estão relacionados ao dióxido de enxofre, pois os talos líquênicos são especialmente

¹ HONEGGER, R Functional aspects of the lichen symbiosis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** 42: 553-578, 1991.

sensíveis a este poluente. Estudos de campo onde a concentração deste poluente foi medida mostram que as espécies sensíveis são danificadas ou mesmo mortas por concentrações médias anuais de dióxido de enxofre entre 8-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e que poucas espécies podem tolerar níveis maiores que 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PANDEY et al., 2002).

Os líquens apresentam uma grande variação no nível de sensibilidade aos poluentes, havendo desde espécies muito sensíveis até muito tolerantes. A variação na sensibilidade dos líquens aos poluentes depende da interação de várias características do líquen, como: forma de crescimento do talo, espessura e compactação do córtex (GRIES, 1996), capacidade de absorver e reter água (HOLOPAINEN e KAUPPI, 1989) e do fotobionte envolvido (RICHARDSON, 1988). Alguns estudos mostram que os micobiontes são mais resistentes e apresentam menores danos estruturais que os fotobiontes (HOLOPAINEN e KAUPPI, 1989; HYUNG-SHIM; RUBIN e CRANG, 2004). As principais alterações estruturais dos fotobiontes em resposta ao aumento dos poluentes se dão nos cloroplastos e nas mitocôndrias, o que leva a perda das funções fotossintética e respiratória (TARHANEN, 1998).

Alguns estudos vêm demonstrando que a plasmólise de células do fotobionte é a principal resposta visível ao dióxido de enxofre (SO_2) e ao ozônio (O_3), poluentes mais comuns em áreas urbanas e principais contaminantes químicos que afetam os líquens, podendo em certos casos, causarem a morte do talo (BIANUCCI e MATHIS, 2005; MENDEZ e FOURNIER, 1980).

CALVELO e LIBERATORE (2004), em um estudo realizado na Patagônia (Argentina), observaram que o percentual de células mortas do fotobionte está positivamente relacionado com a intensidade e frequência dos poluentes. Este resultado também foi encontrado em estudo realizado na Costa Rica (MENDEZ e FOURNIER, 1980) e nos Estados Unidos (BIANUCCI e MATHIS, 2005).

Os líquens expostos a poluentes sofrem degradação das clorofilas e aumento no teor de feofitina (GARTY et al. 2001; PIGNATA, 1998). Em laboratório RAO e LE BLANC (1966) expuseram talos de quatro espécies de líquens ao dióxido de enxofre sob várias condições de umidade. Observaram permanente plasmólise das células dos fotobiontes, degradação da clorofila e a presença de pontos negros na camada algal. Estes autores propuseram que os íons de hidrogênio do ácido sulfúrico,

(proveniente da reação de dióxido de enxofre com água) substituem o íon magnésio na molécula de clorofila convertendo-a em feofitina.

Segundo CAÑAS; ORELLANA e PIGNATA (1997), em estudo realizado em Córdoba (Argentina) líquens que se desenvolviam em áreas urbanas apresentaram um menor teor de clorofila e um maior teor de feofitina do que aqueles que se desenvolviam em áreas com menores concentrações de poluentes. No entanto, GONZÁLEZ et al. (1998) e LEVIN e PIGNATA (1995) concluem que analisar apenas as concentrações de clorofila e feofitina não são suficientes para detectar a degradação da clorofila frente à exposição aos poluentes atmosféricos. Citam que um aumento na razão feofitina/clorofila nos talos líquênicos pode ser uma variável que melhor indica danos devido a poluentes liberados pelo tráfego veicular.

Deste modo, a análise da concentração de pigmentos fotossintéticos e da ocorrência de integridade celular do fotobionte, entre outros parâmetros biológicos, podem ser utilizados para avaliar os danos provocados pelos poluentes, uma vez que na associação alga e fungo, os fotobiontes é que são responsáveis pela síntese de substâncias orgânicas. Assim, a morte das algas está correlacionada a diminuição da clorofila e da taxa fotossintética e, conseqüentemente a morte do líquen (MAZZITELLI et al., 2006).

No Brasil alguns trabalhos têm sido realizados em centros urbanos utilizando os líquens como bioindicadores através de transplantes de espécies e análise de clorofila a/b e carboidratos como feito em Belém (RIBEIRO et al., 2000), análises morfofisiológicas após saturação de SO₂ em laboratório (AGUIAR et al., 1998); e análises de concentração de elementos em líquens ocorrentes na cidade de São Paulo (SAIKI et al., 1997), além de outros trabalhos não publicados (resumos em congressos e monografias)

Na cidade de Curitiba foram realizados estudos florísticos e fitossociológicos, nos quais são indicadas espécies potencialmente bioindicadoras da poluição atmosférica. DONHA (2003), em trabalho realizado nos pontos de monitoramento da qualidade do ar pelo IAP em Curitiba, analisou a estrutura fitossociológica e a composição florística dos líquens epífitas sobre árvores utilizadas na arborização urbana, no entanto devido ao número insuficiente de espécies arbóreas amostradas não discutiu a preferência dos líquens pela forófito. VEIGA (2004), em estudo similar, também analisa a composição de líquens sobre espécies arbóreas utilizadas na

arborização urbana de Curitiba, discutindo a preferência dos talos liquênicos pela forófitas e indicando tanto espécies de líquens bem como espécies de forófitas com potencial para futuros estudos de biomonitoramento da qualidade do ar em Curitiba. Outros trabalhos correlacionam o fluxo de veículos com a diminuição da diversidade, densidade, números de indivíduos e porcentagem de cobertura (DONHA e ELIASARO, 2003; VEIGA, 2005). No entanto, ainda não foram realizados trabalhos analisando a integridade celular do fotobionte e nem a concentração de clorofila a/b e feofitina.

Em Curitiba a qualidade do ar é monitorada pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP). De acordo com o último relatório disponibilizado da região metropolitana (referente a 2004), a qualidade do ar foi considerada como boa ou regular durante a maior parte do ano, embora existam situações inadequadas como; altas concentrações de O_3 com frequência, especialmente na primavera no centro de Curitiba. Os registros referentes ao SO_2 são enquadrados na categoria boa em Curitiba, apresentando médias diárias que não ultrapassam $50,8 \mu g/m_3$ (ANEXO 1), valor máximo obtido em agosto de 2004 (IAP 2004).

OBJETIVOS

- Verificar o percentual de células de algas plasmolisadas em *Canoparmelia texana* Tuck.) Elix & Hale, *Myelochroa lindmanii* (Lynge) Elix & Hale e *Dirinaria applanata* (Fee) Awasthi em três pontos de amostragem.
- Medir a concentração de clorofilas *a* e *b* e de feofitina de *Canoparmelia texana*, *Myelochroa lindmanii* e *Dirinaria applanata* em três pontos de amostragem.
- Verificar se existe correlação positiva entre: plasmólise do fotobionte, diminuição na concentração de clorofilas, aumento na concentração feofitina e aumento no fluxo do tráfego veicular.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em vias urbanas na cidade de Curitiba, a qual está localizada na região central do primeiro planalto paranaense, na latitude sul de 25°30' e longitude oeste de 49°15', apresentando uma altitude média de 920m s.n.m. O clima é do tipo sempre úmido de classificação Cfb de Koeppen, com temperatura média do mês mais frio de 12,5 °C e do mês mais quente de 20,1 °C. A média anual da umidade do ar é de 81,5%, e da precipitação é de 1400 a 1500 mm (MAACK, 1981). Curitiba possui uma população de 1.727.904 habitantes sobre uma área de aproximadamente 435 km² (IBGE, 2005) e a frota motorizada apresenta um crescimento anual que varia entre 6-10%, tendo 48,9 veículos motorizados para cada 100 habitantes (DETRAN-PR, 2004).

2.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM

A amostragem foi realizada em áreas classificadas em três categorias (FIGURA 1): intenso tráfego veicular, tráfego veicular moderado e pequeno tráfego veicular. Estas mesmas áreas foram estudadas por VEIGA (2005) que observou alterações na flora liquênica, a saber: redução do número de espécies, de indivíduos, da densidade total e diversidade, da área de maior fluxo de veículo para a de menor fluxo. A determinação das categorias foi baseada em PIGNATA (1998):

- Ponto 1: Rua João Gualberto, Centro Cívico – fluxo de veículos intenso, superior á 120 veículos por hora, ausência de outras espécies arbóreas ao redor dos pontos de coleta e presença de edifícios com mais de 12m de altura (FIGURA 2).
- Ponto 2: Rua Herculano C. Franco de Souza, Água Verde – fluxo de veículos moderado, entre 80 e 120 veículos por hora, presença de outras espécies arbóreas ao redor dos pontos de coleta e edificações menores de 12m de altura (FIGURA 3).
- Ponto 3: Rua Pres. Rodrigo Otávio, Hugo Lange – fluxo de veículos pequeno, inferior á 80 veículos por hora, presença de outras espécies arbóreas ao redor do ponto de coleta e edificações menores de 12m de altura (FIGURA 4).

FIGURA 1 - Mapa de Curitiba com os pontos de coleta

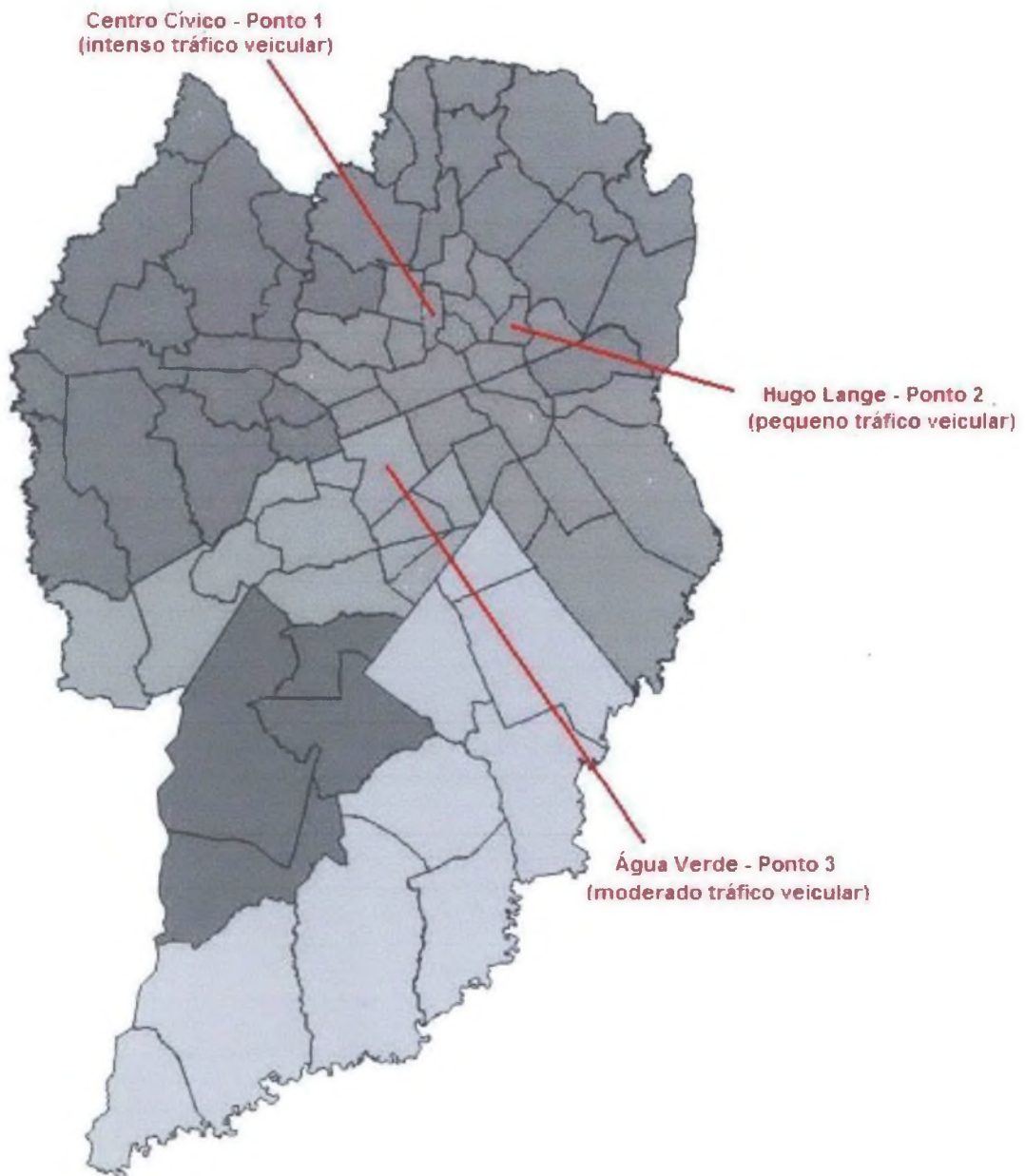


FIGURA 2 - Ponto de intenso tráfego veicular, Rua João Gualberto, Centro Cívico (Ponto 1)



FIGURA 3 - Ponto de moderado tráfego veicular, Rua Herculano C. F. de Souza, Água Verde (Ponto 2)



FIGURA 4 - Ponto de pequeno tráfego veicular, Rua Rodrigo Otávio, Hugo Lange (Ponto 3)



2.3 ESPÉCIES SELECIONADAS

Foram utilizadas três espécies de líquens: *Canoparmelia texana* (Parmeliaceae) (FIGURA 5), *Dirinaria applanata* (Physciaceae) (FIGURA 6) e *Myelochroa lindmanii* (Parmeliaceae) (FIGURA 7). Estas espécies apresentam em comum talos foliosos, relativamente grandes e embora adnatos em toda sua extensão ao substrato são fáceis de serem retirados do mesmo. Além disso, todas espécies apresentam como fotobionte *Trebouxia* spp. estruturalmente organizada em uma região específica do talo (camada algal). DONHA e ELIASARO (2003) e VEIGA (2004), apontam essas espécies como de grande potencial para estudos de monitoramento da qualidade do ar em Curitiba. Elas não apresentam preferência por forófitas, ocorrendo sobre todas as espécies arbóreas usadas na arborização urbana em Curitiba (VEIGA, 2004), tanto em áreas com intenso fluxo de veículos quanto em áreas de pouco tráfego veicular (VEIGA, 2005).

FIGURA 5 - *Canoparmelia texana* sobre córtex de *Syagrus romanzoffiana*



FIGURA 6 - *Dirinaria applanata* sobre o córtex de *Syagrus romanzoffiana*



FIGURA 7 - *Myelochroa lindmanii* sobre o córtex de *Syagrus romanzoffiana*



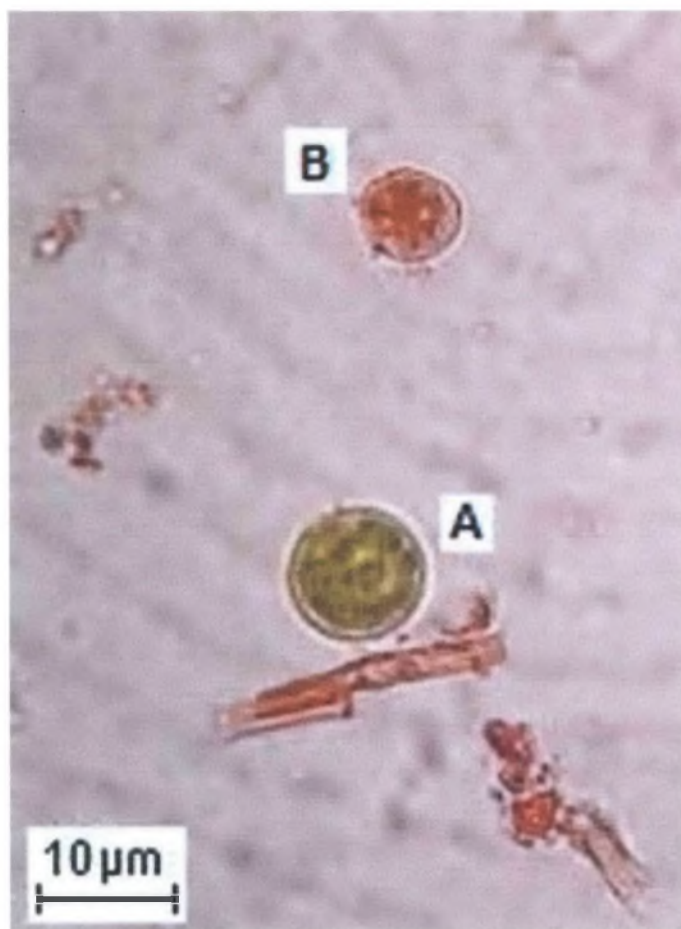
2.4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Os talos liquênicos das três espécies foram coletados nos três pontos de amostragem sobre córtex de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm (Jerivá). Cada talo foi embalado cuidadosamente em papel alumínio e acondicionado em uma caixa de isopor com gelo, e levado ao laboratório para análise dos parâmetros biológicos. Para as análises foram utilizados três indivíduos de cada espécie em cada ponto.

2.4.1 Integridade celular do fotobionte

Foram retirados ápices de lobos de cada espécie para determinar a integridade das células do fotobionte através do percentual de células plasmolisadas (mortas) de algas. Os talos foram lavados com água destilada e acondicionados em placa de Petri. As células de algas foram separadas do componente fúngico seguindo o método de AHMADJIAN (1967). Três preparações foram realizadas com cada espécime coletado, e 100 células de alga foram contadas em microscópio óptico com aumento de 1000X, no total 300 células por espécime. Para melhor diferenciar células mortas de células vivas foi utilizado o corante vermelho neutro (0,1%) em que células mortas se coram em vermelho escuro e células vivas em vermelho tênue na periferia (FIGURA 8) (LE BLANC; COMEU e RAO, 1971; MENDEZ e FOURNIER, 1980; CALVELO e LIBERATORE, 2004; BIANUCCI e MATHIS, 2005).

FIGURA 8 - Células vivas (A) e células mortas (B) em M.O. de 1000x



2.4.2 Concentração de clorofilas a, b e feofitina

Para a obtenção da concentração de clorofila *a*, clorofila *b* e feofitina foram confeccionados, utilizando um furador de rolha, discos de 1,5 cm de diâmetro dos ápices dos lobos de cada espécie por local de coleta (FIG. 9). Esses discos foram lavados, macerados e a extração dos pigmentos foi efetuada com acetona aquosa 80% fria, por 15 minutos. O extrato de acetona foi centrifugado em 3000 rpm e o sobrenadante submetido à leitura em espectrofotômetro Hitachi modelo U-200 (Hitachi, Inc., São Francisco, Ca, USA) nos comprimentos de onda 647nm e 664nm, antes e depois da adição de ácido clorídrico (CAÑAS; ORELLANA e PIGNATA, 1997; LEVIN e PIGNATA, 1995). Para a obtenção das concentrações de clorofilas e

feofitina aplicou-se nos resultados os coeficientes de extinção determinados por PORRA; THOMPSON e KRIEDMANN (1989).

Optou-se por utilizar área e não peso, visto que, como observado por LE BLANC e RAO (1973) e MENDEZ e FOURNIER (1980), ocorre variação no peso dos talos liquênicos em resposta a um aumento na concentração de poluentes atmosféricos, devido a um incremento de substâncias nos talos presentes em locais com maior concentração de poluentes.

FIGURA 9 - Obtenção dos discos com furador de rolha



2.5 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados foi realizada utilizando a Análise de Variância (ANOVA) segundo um delineamento inteiramente ao acaso, com esquema fatorial 3x3, complementada com o teste de Tukey. Foi verificado se ocorre diferença significativa para os parâmetros integridade celular do fotobionte e concentração de clorofila a, b e feofitina entre as espécies selecionadas e entre os pontos amostrados.

3. RESULTADOS

Verificou-se que houve diferença significativa em todos os fatores de variação, ou seja, houve diferença entre as espécies, entre os locais e entre espécies em cada local, tanto na análise da integridade celular do fotobionte como na análise da concentração de pigmentos fotossintéticos.

3.1 INTEGRIDADE CELULAR DO FOTOBIONTE

Através do teste do vermelho neutro verificou-se um aumento na porcentagem de células mortas do ponto de pequeno tráfego para o ponto de intenso tráfego de veículos. No ponto de pequeno tráfego foi observado o menor percentual de células mortas para todas as espécies selecionadas (GRÁFICO 1).

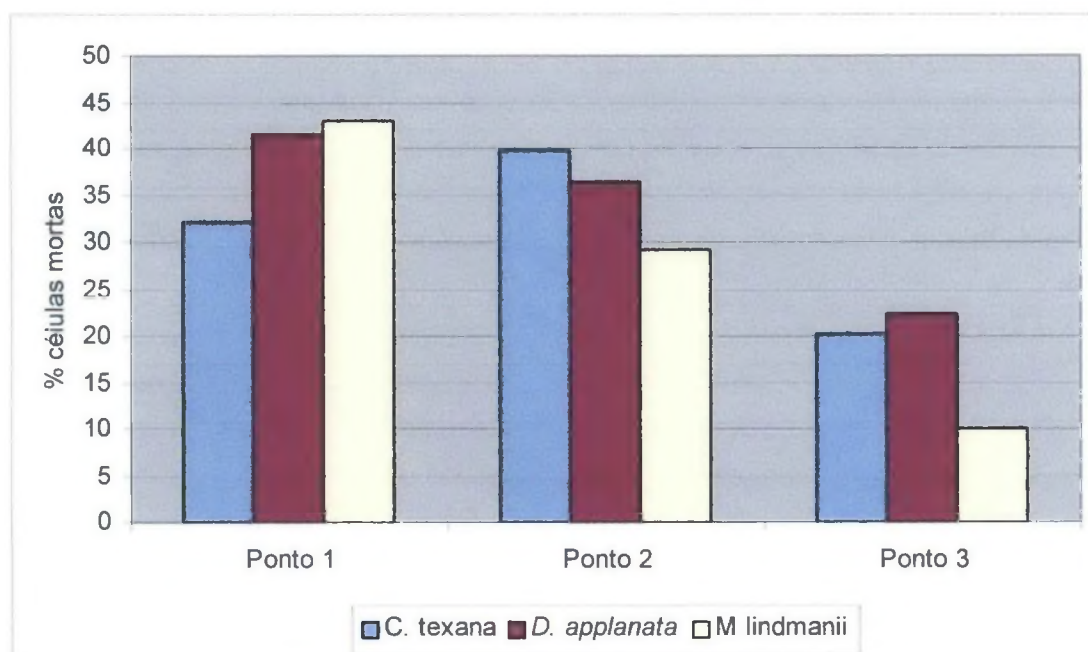
Myelochroa lindmanii foi a espécie que apresentou uma maior variação no número de células mortas, sendo encontrado 43,00% no ponto de intenso tráfego e apenas 10,09% no ponto de pequeno tráfego veicular. Em *Dirinaria applanata* observou-se 41,44% de células lesionadas no ponto de intenso tráfego e 22,33% no ponto de pequeno tráfego de veículos. Já *Canoparmelia texana* apresentou 32,11% de células mortas em ponto de intenso fluxo de veículos, menor percentual para esse ponto, e 20,22% em ponto de pouco fluxo veicular. Essas três espécies de líquens apresentaram percentuais de células mortas estatisticamente diferentes para os três pontos amostrados (TABELA 1).

TABELA 1 - Médias da porcentagem de células mortas do fotobionte das espécies selecionadas nos pontos de intenso tráfego (Ponto1), tráfego moderado (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR.

PONTOS DE COLETA	ESPÉCIES SELECIONADAS		
	<i>Canoparmelia texana</i>	<i>Dirinaria applanata</i>	<i>Myelochroa lindmanii</i>
Ponto 1	32,11 b	41,44 a	43,00 a
Ponto 2	39,78 a	36,44 b	29,22 b
Ponto 3	20,22 c	22,33 c	10,09 c

* Letras diferentes para a mesma variável (mesma coluna) significam que os valores são estatisticamente diferentes ($p > 0,05$).

GRÁFICO 1 – Médias da porcentagem de células mortas do fotobionte das espécies selecionadas nos pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR.



Dirinaria applanata e *Myelochroa lindmanii* apresentaram um aumento no percentual de células mortas positivamente correlacionado ao incremento do tráfego veicular, comportando-se, estatisticamente, de maneira semelhante no ponto de intenso tráfego veicular. Em contrapartida, *Canoparmelia texana* apresentou o maior número de células lesionadas no ponto de moderado tráfego (39,78%). Essa espécie mostrou-se estatisticamente semelhante a *Dirinaria applanata* nos pontos de moderado e pouco tráfego veicular (TABELA 2).

TABELA 2 - Médias da porcentagem de células mortas do fotobionte nos pontos de intenso tráfego (Ponto1), tráfego moderado (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3) por espécie selecionada, Curitiba – PR

ESPÉCIES SELECIONADAS	PONTOS DE COLETA		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
<i>Canoparmelia texana</i>	32,11 b	39,78 a	20,22 a
<i>Dirinaria applanata</i>	41,44 a	36,44 a	22,33 a
<i>Myelochroa lindmanii</i>	43,00 a	29,22 b	10,09 b

* Letras diferentes para a mesma variável (mesma coluna) significam que os valores são estatisticamente diferentes ($p > 0,05$).

3.2 CONCENTRAÇÕES DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS

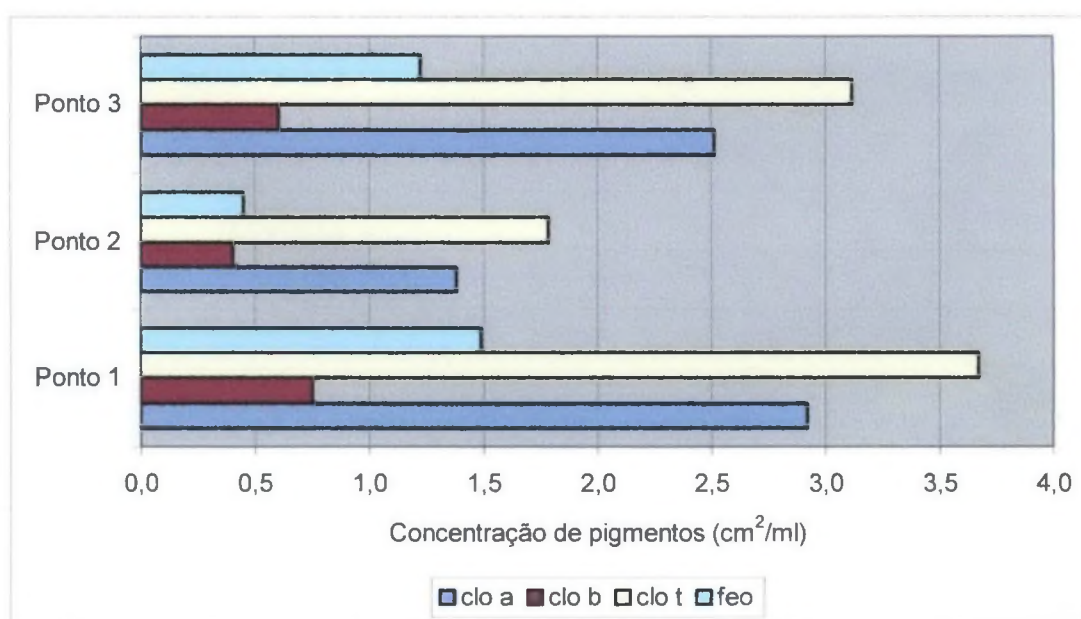
Na TABELA 3 são apresentadas as concentrações de clorofila a, clorofila b, clorofila total e feofitina para a *C. texana*, *D. applanata*, *M. lindmanii* nos pontos amostrados.

TABELA 3 - Médias da concentração de clorofila a (Clo a), clorofila b (Clo b), clorofila total (Clo t) e feofitina (feo) nos pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3) segundo as espécies selecionadas, Curitiba-PR.

PONTOS AMOSTRADOS	<i>C. texana</i>				<i>D. applanata</i>				<i>M. lindmanii</i>			
	Clo a	Clo b	Clo t	Feo	Clo a	Clo b	Clo t	Feo	Clo a	Clo b	Clo t	Feo
PONTO 1	2,921 a	0,749 a	3,670 a	1,490 a	1,734 c	0,480 c	2,214 c	0,766 c	1,850 c	0,484 b	2,335 c	0,924 b
PONTO 2	1,382 c	0,402 c	1,784 c	0,451 c	4,068 a	1,101 a	5,170 a	2,060 a	2,612 b	0,734 a	3,346 b	1,394 a
PONTO 3	2,512 b	0,606 b	3,118 b	1,225 b	3,451 b	0,870 b	4,321 b	1,836 b	2,820 a	0,739 a	3,559 b	1,481 a

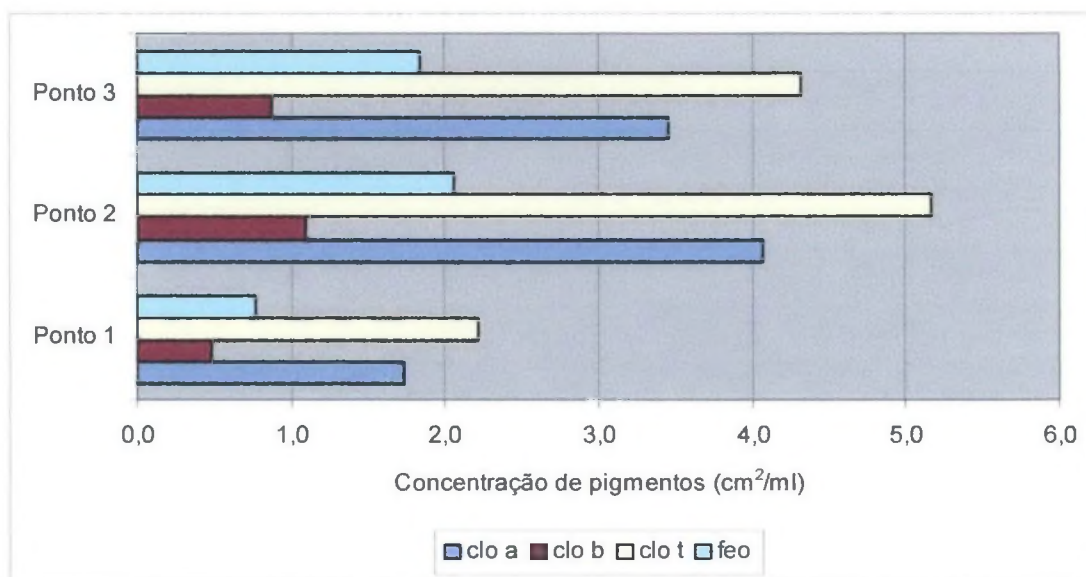
Canoparmelia texana apresentou as maiores concentrações de clorofila total, clorofilas a, b e feofitina no ponto de intenso tráfego de veículos. Em contrapartida, os menores valores para esses pigmentos foram observados no ponto de moderado tráfego (GRÁFICO 2).

GRÁFICO 2 – Médias da concentração de clorofila a (Clo a), clorofila b (Clo b), clorofila total (Clo t) e feofitina (feo) para *Canoparmelia texana* nos pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR.



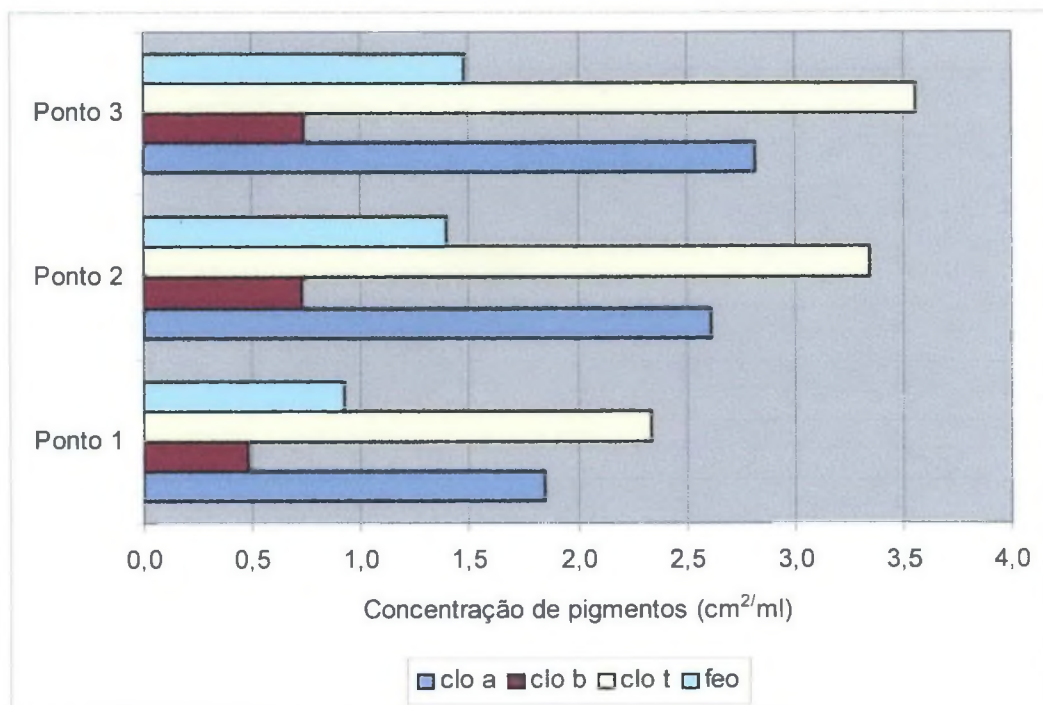
Dirinaria applanata, ao contrário, apresentou um aumento nos teores de clorofila total, clorofilas a, b e feofitina no ponto de tráfego moderado e os menores valores para esses pigmentos no ponto de intenso tráfego de veículos (GRÁFICO 3).

GRÁFICO 3 – Médias da concentração de clorofila a (Clo a), clorofila b (Clo b), clorofila total (Clo t) e feofitina (feo) para *Dirinaria applanata* nos pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR.



Em *Myelochroa lindmanii* foi observada uma correlação negativa entre o aumento do fluxo de veículos e as concentrações de clorofila total, clorofilas a, b e feofitina (GRÁFICO 4). No entanto, comparando-se apenas os pontos de pequeno e moderado tráfego de veículos observou-se que a diferença de clorofila total entre esses pontos deve-se pela variação nos teores de clorofila a, pois os teores dos pigmentos feofitina e clorofila b variaram pouco.

GRÁFICO 4 – Médias da concentração de clorofila *a* (Clo *a*), clorofila *b* (Clo *b*), clorofila total (Clo *t*) e feofitina (feo) para *Myelochroa lindmanii* nos pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR.



Nas três espécies selecionadas foram observados teores de clorofilas e feofitina estatisticamente diferentes nos pontos de moderado e pequeno tráfego de veículos. Entretanto, no ponto de intenso tráfego veicular *M. lindmanii* e *D. applanata* apresentaram valores estatisticamente iguais para clorofila total, clorofila *a* e *b* (TABELA 4).

TABELA 4 - Médias da concentração de clorofila *a* (Clo *a*), clorofila *b* (Clo *b*), clorofila total (Clo *t*) e feofitina (feo) espécies selecionadas segundo os pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR.

ESPECIES SELECIONADAS	PONTO 1				PONTO 2				PONTO 3			
	Clo a	Clo b	Clo t	Feo	Clo a	Clo b	Clo t	Feo	Clo a	Clo b	Clo t	Feo
<i>C. texana</i>	2,921	0,749	3,670	1,490	1,382	0,402	1,784	0,451	2,512	0,606	3,118	1,225
	a	a	a	a	c	c	c	c	c	c	c	c
<i>D. applanata</i>	1,734	0,480	2,214	0,766	4,068	1,101	5,170	2,060	3,451	0,870	4,321	1,836
	b	b	b	c	a	a	a	a	a	a	a	a
<i>M. lindmanii</i>	1,850	0,484	2,335	0,924	2,612	0,734	3,346	1,394	2,820	0,739	3,559	1,481
	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b

* Letras diferentes para a mesma variável (mesma coluna) significam que os valores são estatisticamente diferentes ($p > 0,05$).

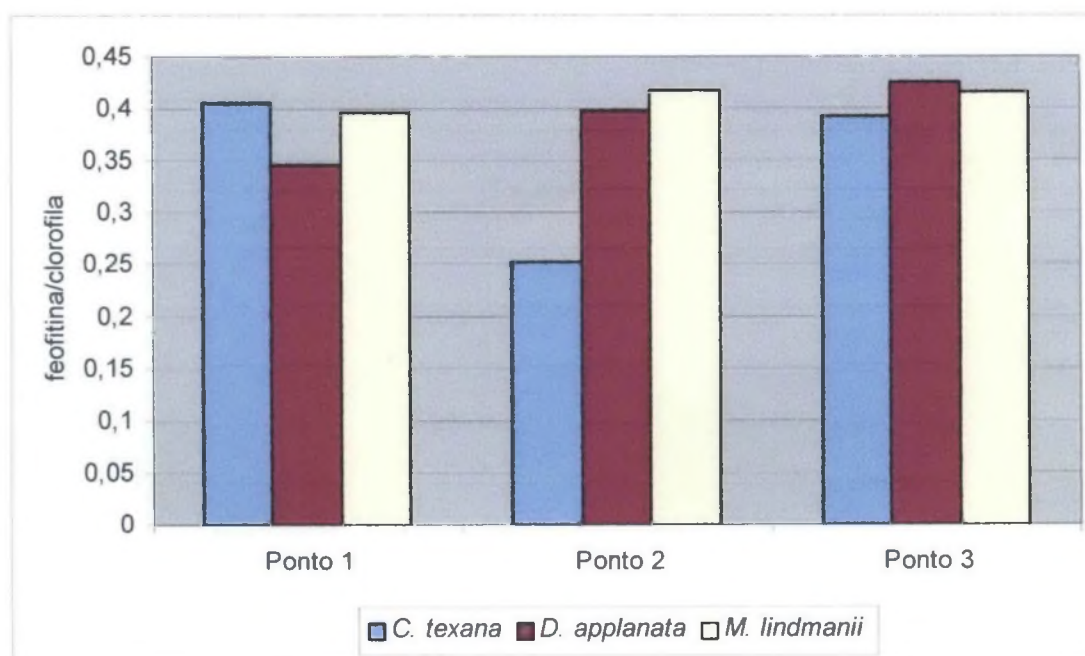
Calculando a razão feofitina/clorofila para as três espécies analisadas (TABELA 5), observou-se um aumento dessa razão com a diminuição do fluxo de veículos para *D. applanata* e *M. lindmanii*. Para *C. texana* observou os maiores valores da razão de feofitina/clorofila nos ponto de intenso tráfego (0,4059) e pequeno tráfego (0,3931), havendo uma acentuada queda dessa razão no ponto de tráfego moderado (GRÁFICO 5).

TABELA 5 - Razão feofitina/clorofila para cada espécie selecionada segundo os pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR.

PONTOS DE COLETA	ESPÉCIES SELECIONADAS		
	<i>C. texana</i>	<i>D. applanata</i>	<i>M. lindmanii</i>
Ponto 1	0,4059 a	0,3461 c	0,3958 b
Ponto 2	0,2526 b	0,3985 b	0,4166 a
Ponto 3	0,3931 a	0,4248 a	0,4161 a

* Letras diferentes para a mesma variável (mesma coluna) significam que os valores são estatisticamente diferentes ($p > 0,05$).

GRÁFICO 5 - Razão feofitina/clorofila para cada espécie selecionada segundo os pontos de intenso tráfego (Ponto1), moderado tráfego (Ponto 2) e pouco tráfego de veículos (Ponto 3), Curitiba-PR.



4. DISCUSSÃO

Os líquens apresentam respostas espécie-específicas ao incremento de poluentes atmosféricos, onde a presença de determinados poluentes e a variação da concentração desses poluentes em determinado local afeta de modo diferente as diferentes espécies presentes (PANDEY et al, 2002).

Dirinaria applanata e *Myelochroa lindmanii* apresentaram um aumento no percentual de células mortas (GRÁFICO 1) e uma diminuição na concentração de clorofila (GRÁFICOS 3 e 4) positivamente correlacionados ao incremento do fluxo veicular. Tanto *M. lindmanii* como *D. applanata* são apontadas por DONHA (2003) como sendo espécies de sensibilidade intermediária, e são indicadas por VEIGA (2004, 2005) como espécies com grande potencial em estudos de biomonitoramento da qualidade do ar. Embora o percentual de células plasmolisadas dos fotobiontes (TABELA 2) e a concentração de clorofilas (TABELA 4) no local de intenso tráfego sejam estatisticamente os mesmos para essas duas espécies, *M. lindmanii* foi a espécie que apresentou a maior variação no número de células plasmolisadas, 32,91%, entre os pontos de intenso e pequeno tráfego veicular, indicando ser uma espécie mais sensível que *D. appalanata*, que apresentou variação de 19,11% entre esses pontos. Demonstrando efetivamente que *M lindmanii* pode ser indicada como sendo uma espécie de sensibilidade intermediária aos poluentes atmosféricos e *D. applanata* de sensibilidade intermediária a tolerante.

Estes percentuais de células plasmolisadas são próximos aos encontrados por CALVELO e LIBERATORE (2004) para *Flavoparmelia caperata* (Parmeliaceae), espécie com talo similar, em que se observou uma variação de 22% a 30% entre o ponto não poluído e o ponto com presença de poluentes atmosféricos.

Flavoparmelia caperata é apontada como sendo uma espécie encontrada em locais com qualidade do ar variando de boa a moderada (HARE et al., 2002). Segundo o método de HAWKSWORTH e ROSE² (1970, apud HARE et al., 2002) para zoneamento de líquens de acordo com os níveis de SO₂, *F. caperata* é encontrada em locais com níveis de dióxido de enxofre de até 50 µm/cm³ (zona 6), sendo a Zona 0 caracterizada por ausência de líquens.

² HAWKSWORTH, D.L. & ROSE, F. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichen. *Nature*, 227, 145-148, 1970.

Podemos, dessa maneira, comparar os resultados obtidos para *M. lindmanii* e *D. applanata* com trabalhos que utilizem *Flavoparmelia caperata*, pois essas espécies apresentaram variações no percentual de células mortas semelhante. Além disso, segundo o IAP as vias urbanas de Curitiba apresentam médias diárias de dióxido de enxofre que não ultrapassam 50,8 µg/m³. Assim, *M. lindmanii* e *D. applanata* estão em ambiente semelhante ao que encontraria-se *Flavoaparmelia caperata*. Segundo o zoneamento de HAWKSWORTH e ROSE (1970, apud HARE et al., 2002) *F. caperata* é encontrada em ambientes que apresentam médias diárias máximas de dióxido de enxofre de 50 µg/m³. Com isso, a comparação dos resultados obtidos entre essas espécies pode auxiliar em futuros estudos de biomonitoramento da qualidade do ar que possam vir a ser realizados com estas espécies em Curitiba, pois não foram encontrados na literatura estudos que utilizem *M. lindmanii* e *D. applanata* como bioindicadoras da qualidade do ar.

CALVELO e LIBERATORE (2004) citam trabalhos que encontraram maiores porcentagens de células plasmolisadas para *F. caperata*, no entanto afirmam que são resultados que não podem ser comparados, pois utilizam líquens transplantados e não, como neste trabalho, espécies que nascem no local. As espécies que crescem no local amostrado apresentam adaptações que as espécies transplantadas não apresentam, assim os resultados obtidos são diferentes.

Canoparmelia texana é uma espécie citada como tolerante em ambientes urbanos no Brasil (MARCELLI, 1998), e vem sendo utilizada em estudos de poluição atmosférica (SAIKI et al., 1997, 2005). VEIGA (2005) relata, em estudo fitossociológico realizado em vias urbanas de Curitiba, que *C. texana* é a espécie de maior valor de importância³ em todos os pontos amostrados e indica essa espécie como tolerante aos poluentes atmosféricos.

Essa espécie apresentou no ponto de tráfego intenso o menor número de células mortas dentre as três espécies selecionadas (TABELA 1), assim como, a menor variação de células plasmolisadas entre os pontos de intenso e pequeno tráfego veicular (11,89%). Além disso, apresentou as maiores concentrações de clorofilas, feofitina e a proporção feofitina/clorofila no ponto de intenso tráfego de

³ O valor ou percentual de importância é um dado fitossociológico que considera os valores de densidade, dominância e frequência de uma espécie em relação às outras espécies amostradas ($PI = [DR + DoR + FR]/3$)

veículos (TABELA 4), sendo a degradação da clorofila (feofitina/clorofila) (TABELA 5) estatisticamente a mesma entre os pontos de intenso e pequeno tráfego, demonstrando ser efetivamente uma espécie tolerante como apontado por MARCELLI (1998) e VEIGA (2005).

Lecanora conizaeoides é reconhecida com uma espécie extremamente toxicotolerante em estudos realizados no hemisfério norte. Segundo RICHARDSON e PUCKETT (1973), *L. conizaeoides* não apresenta mudanças na razão feofitina/clorofila independente da área ser poluída ou não, assim como observado para *C. texana* (TABELA 4). Reforçando, dessa maneira, o que foi apontado por MARCELLI (1998), VEIGA (2005) e SAIKI (2005) em que *C. texana* pode representar no Brasil, para os estudos de biomonitoramento, o mesmo papel que *Lecanora conizaeoides* para Europa e Estados Unidos (NASH e GRIES, 2002; HAUCK e HESSE, 2004).

Ao contrário do que foi observado para *M. lindmanii* e *D. applanata*, *C. texana* apresentou a maior porcentagem de células lesionadas (TABELA 1) e os menores valores de clorofila a, b e feofotina no ponto de moderado tráfego veicular (GRÁFICO 2). Os talos liquênicos nesse ponto de coleta podem ser mais velhos do que os talos dos outros pontos. VEIGA (2005) relata que *C. texana* apresenta no ponto de maior tráfego 222 indivíduos, os quais recobrem apenas 9,48% do córtex da forófito (talos mais jovens), enquanto no ponto de tráfego moderado foram observados 245 indivíduos, quais recobrem 32,47% do córtex (talos mais velhos). Ou seja, no ponto de tráfego moderado os talos de *C. texana* são maiores e, conseqüentemente, mais velhos do que os talos presentes no ponto de intenso tráfego, estando mais tempo expostos aos poluentes atmosféricos. SAIKI (2005), para evitar coleta de amostras com diferentes idades ou tempos de exposição, sugere talos com diâmetros padronizados.

Outra possibilidade para essa variação no percentual de células mortas e nos valores das concentrações de clorofilas a, b e feofitina é que as espécies do fotobionte de *C. texana* sejam diferentes nos pontos de coleta. Vários estudos mostram que há uma diferença em relação à seletividade por fotobiontes em líquens. Somente duas espécies de *Trebouxia* foram observadas em espécies foliosas de

Physciaceae (DAHLKILD *et al.*⁴, 2001 Apud REIS, 2005), no entanto, em Parmeliaceae várias espécies de *Trebouxia* já foram encontradas em diferentes talos de uma mesma espécie de líquen. (FRIEDL⁵, 1989; ROMEIKE⁶ *et al.*, 2002 apud REIS 2005). Assim, diferentes espécies de *Trebouxia* podem ser selecionadas por *C. texana* a partir de um “pool de algas” disponível em cada local, ou seja, as espécies de *Trebouxia* selecionadas nos pontos de intenso e pequeno tráfego de veículos podem ser diferentes da espécie selecionada no ponto de tráfego moderado. (BECK *et al.*, 1998⁷; 2002⁸ apud REIS 2005.). Conferindo, assim, diferença na sensibilidade aos poluentes atmosféricos para *C. texana* de acordo com o ponto amostrado.

Assim, análises da integridade celular e da concentração de clorofilas e feofitina, visando o monitoramento da qualidade do ar em Curitiba, podem ser realizadas utilizando as espécies *Canoparmelia texana* (tolerante), *Dirinaria applanata* (intermediária a tolerante) e *Myelochroa lindmanii* (intermediária) sobre *Syagrus romanzoffiana*.

⁴ DAHLKILD, Å., KÄLLERSJÖ, M., LOHTANDER, K., TEHLER, A. Photobiont diversity in *Physciaceae* (Lecanorales). **The Bryologist** 104: 527-536, 2001.

⁵ FRIEDL, T. **Systematik und Biologie von *Trebouxia* (Microthamniales, Chlorophyta) als Phycobiont der *Parmeliaceae* (lichenisierte Ascomyceten)**. Inaugural-Dissertation, Universität Bayreuth, Germany. 1989.

⁶ ROMEIKE, J.; FRIEDL, T.; HELMS, G.; OTT, S. Genetic diversity of algal and fungal partners in four species of *Umbilicaria* (Lichenized Ascomycetes) along a transect of the Antarctic peninsula. **Molecular Biology and Evolution**, v. 1209-17, 2002.

⁷ BECK, A., FRIEDL, T. AND RAMBOLD, G. Selectivity of photobiont choice in a defined lichen community: inferences from cultural and molecular studies. **New Phytol.** 139: 709- 20, 1998.

⁸ BECK, A., KASALICKY, T. AND RAMBOLD, G. The myco-photobiontal selection in a Mediterranean cryptogam community with *Fulgensia fulgida* and considerations on research strategies focussing on the selectivity of lichen bionts. **New Phytol.** 153: 317-326, 2002.

5. CONCLUSÃO

- Estudos que analisam a influência de fatores como idade do talo ou tempo de exposição e espécie do fotobionte associado devem ser realizados para verificar os danos no talo liquênico
- Para evitar a influência do fator idade ou tempo de exposição aos poluentes atmosféricos na análise da integridade celular e concentração de clorofila deve-se padronizar o tamanho dos talos liquênicos.
- *Canoparmelia texana* é uma espécie tolerante aos poluentes atmosféricos e com grande potencial de para estudos de monitoramento ambiental utilizando líquens epífitas em Curitiba, podendo ser utilizada sem a necessidade de transplante da espécie.
- A espécie de *Trebouxia* associada em talos de *Canoparmelia texana* pode ser diferente de acordo com o local amostrado, influenciando na sensibilidade do líquen aos poluentes atmosféricos.
- *Myelochroa lidmanii* é uma espécie de sensibilidade intermediária e é indicada para estudos com transplantes de espécies para monitorar a qualidade do ar.
- *Dirinaria applanata* é uma espécie de sensibilidade intermediária a tolerante aos poluentes atmosféricos e pode ser utilizada em estudos de biomonitoração da qualidade do ar em Curitiba.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L.W.; MARTAU, L.; OLIVEIRA, M.L.A.A.; MAZZITELLU, S.M.A.M. Efeitos do dióxido de enxofre (SO₂) em líquens, Rio Grande do Sul, Brasil. *Iheringia*, sér. Bot., Porto Alegre, n.50, p. 67-73, 1998.
- AHMADJIAN, V. *The lichen Symbiosis*, Blaisdell Publishing Company, 152p. 1967.
- BIANUCCI, M.; MATHIS, P. Plasmolysis levels in the algal component of *Pseudoparmelia caperata* and *Candelaria concolor* from Three Middle Tennessee Sites varying in sulfur dioxide level. *Scientia*. Disponível em: www.mtsu.edu/~scientia/journals/vol11/issue2/bianucci.html Acesso em: 15 mar 2006.
- BRODO, I.M.; DURAN, S.; SHARNOFF, S. *Lichens of North America*. Yale University Press, New Haven & London, 2001.
- CALVELO, S.; LIBERATORE, S. Applicability of in situ or transplanted lichens for assessment of atmospheric pollution in Patagonia, Argentina. *Journal of Atmospheric Chemistry* 49:199-210, 2004.
- CANÁS, M. S.; ORELLANA, L.; PIGNATA, M. L. Chemical response of lichens *Parmotrema austrosinense* and *P. conferendum* transplanted to urban and non-polluted environments. *Ann. Bot. Fennici* 34:27-34, 1997.
- DETRAN-PR. Coordenadoria de Veículos. *Frota cadastrada no Estado do Paraná*. Disponível em: www.pr.gov.br/detran. Acesso: 10 de abr 2004.
- DONHA, C.G.; ELIASARO, S. *Estrutura fitossociológica de líquens epífitas sobre *Tabebuia chrysotricha* utilizada na arborização urbana em Curitiba - PR*. Livro de Resumos, 54 Congresso Nacional de Botânica, Belém, 2003.
- DONHA, C.G. *Seleção de espécies de líquens epífitas potencialmente bioindicadoras de poluição atmosférica em Curitiba - PR*. Curitiba. Monografia (Concentração em Botânica) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, 2003.
- FRIEDL, T.; BUDEL, B. Photobionts. In: NASH, III, T.H. *Lichen biology*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 8-23, 1996.
- GARTY, J. et al. Photosynthesis, chlorophyll integrity and spectral reflectance in lichens exposed to air pollution. *J. Environ. Qual.* 30:884-893, 2001.

GONZALEZ, C. M. et al. Environmental conditions and chemical response of a transplanted lichen to an urban area. *Journal of Environmental Management* 53:73-81, 1998.

GRIES, C. Lichens as indicators of air pollution. In: NASH, III, T.H. *Lichen biology*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 240-254, 1996.

HARE, S.; CRESSWELL, L.; TWIGG, R.; BUCHDAHL, J. *Air Pollution and acid rain fact sheets series, 2002*. Atmosphere, Climate and Environment Information Programme. Manchester Metropolitan University Press, 2002

HAUCK, M.; HESSE, V. The significance of stemflow chemistry for epiphytic lichen diversity in a dieback-affected spruce forest on Mt Brocken, northern Germany. *Lichenologist* 36(2): 163-165, 2004.

HENDERSON, A. Literature on Air Pollution and Lichens XLVI. *Lichenologist* 29(6): 587-595, 1997.

_____. Literature on Air Pollution and Lichens XLIX. *Lichenologist* 32(1): 89-102, 1999b.

_____. Literature on Air Pollution and Lichens XLVII. *Lichenologist* 30(3): 276-286, 1998.

_____. Literature on Air Pollution and Lichens XLVIII. *Lichenologist* 31(1): 111-119, 1999a.

HOLOPAINEN, T.; KAUPPI, M. A comparison of light, fluorescence and electron microscopic observations in assessing the SO₂ injury of lichens under different moisture conditions. *Lichenologist* 21: 119-134, 1989.

HYUNG-SHIM, Y.; RUBIN, L.; CRANG, R. F. E. Structural impacts on thallus and algal cell components of two lichen species in response to low-level air pollution in Pacific Northwest Forests. *Microsc. Microanal.* 10: 270- 279, 2004.

IAP. Instituto Ambiental do Paraná. *Relatório da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Curitiba* Ano 2004. Disponível em: www.pr.gov.br/iap. Acesso em: 16 de mai. 2006.

IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. Disponível em: <http://www.ibge.com.br/cidadesat/default.php>.

JAHNS, H. M.; OTT, S. Life Strategies in Lichens – some General Considerations', in: L. Kappen (ed.), *New Species and Novel Aspects in Ecology and Physiology of Lichens, Bibl. Lichenol.* 67, 49-67, 1997.

LE BLANC, F.; COMEU, G.; RAO, D. N. Fluoride injury symptoms in epiphytic lichens and mosses. *Canadian Journal of Botany*, 49(9)1691-1698, 1971.

LE BLANC, F.; RAO, D. N. Evaluation of the pollution and drought in relation to lichens and bryophytes in urban environments. *Bryologist*, 76: 1-19, 1973.

LEVIN, A.G.; PIGNATA, M.L. *Ramalina ecklonii*.(Spreng.) Mey. & Flot. As bioindicator of atmospheric pollution in Argentina. *Canadian J. Bot.*, 73:8, 1196-1202, 1995.

MAACK, R. 1981. *Geografia Física do Estado do Paraná*. 2ed. J. Olimpo, Rio de Janeiro.

MARCELLI, M. P. History and current knowledge of Brazilian lichenology. In: MARCELLI, M. P.; SEAWARD, M. R. D. (eds.). *Lichenology in Latin America: History, current knowledge and application*. CETESB, São Paulo, 1998.

MAZZITELLI, S. M. A. M., MOTA-FILHO, F. O., PEREIRA, E. C.; FIGUEIRA, R. Utilização de líquens no biomonitoramento da qualidade do ar. In: XAVIER-FILHO, L. et al. *Biologia de líquens*. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, p. 25-74, 2006.

MENDEZ, O. I.; FOURNIER, L. A. Los líquenes como indicadores de la contaminación atmosférica en el área metropolitana de San José, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 28(1): 31-39, 1980.

NASH III, T. H. Introduction In: NASH III, T. H. *Lichen Biology*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 1-7, 1996.

NASH III, T.H.; GRIES, C. Lichens as bioindicators of sulfur dioxide. *Symbiosis* 33(1): 1-21, 2002.

PANDEY, V.; UPRETI, D. K.; PATHAK, R.; PAL, A. Heavy metal accumulation in lichens from the Hetauda Industrial Area, Narayani Zone, Makwanpur District, Nepal. *Environmental Monitoring and Assessment* 73: 221-228, 2002.

PIGNATA, M. L. Studies on lichens and atmospheric pollution in Argentina. In: MARCELLI, M. P.; SEAWARD, M. R. D. *Lichenology in Latin America: history, current knowledge and applications*. São Paulo: CETESB, 155-164., 1998.

PORRA, R. J.; THOMPSON, W. A.; KRIEDMANN, P.E. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. *Biochim. Biophys Acta*, 975: 384-394, 1989.

RAO, D. N.; LE BLANC, F. Effects of sulphur dioxide on the lichen algae with special reference to chlorophyll. *Bryologist* 69:69-75, 1966.

REIS, R. A. *Estudo filogenético do fotobiontes de líquens; Isolamento e cultivo de simbiotes líquênicos; Estudo comparativo de polissacarídeos e ácidos graxos do líquen Teloschistes flavicans e seus simbiotes*. Curitiba, 2005. Tese (Doutorado em Bioquímica) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

RIBEIRO, S. M. A. et al. Líquens como bioindicadores da qualidade do ar no Parque Zoobotânico do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG), Belém –PA. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi, ser. Bot.*, 16 (2): 131-150, 2000.

RICHARDSON, D. H. S. Understanding the pollution sensitivity of lichens. *Bot. J. Linnean Soc.* 96: 31-43, 1988.

RICHARDSON, D. H. S.; PUCKETT, K. J. Sulphur dioxide and photosynthesis in lichens. In: In: FERRY, B.W., BADDELEY, M. S. & HAWKSWORTH, D. L. *Air pollution and lichens*. The Athlone Press - University of London, p. 283-298, 1973.

SAIKI, M. *Utilização de líquens na biomonitoração do poluição atmosférica de elementos químicos da cidade de São Paulo*. In: ENCONTRO DO GRUPO LATINO AMERICANO DE LIQUENÓLOGOS, 7, 2005, Curitiba. Livro de Resumos: Palestra, 2005. p. 49-53.

SAIKI, M. et al. Determination of trace elements in lichens by instrumental neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 217 (1): 111-115, 1997.

TARHANEN, S. Ultrastructural responses of the lichen *Bryoria fuscescens* to simulated acid rain and heavy metal deposition. *Ann Bot* 82: 735–746, 1998.

VEIGA, P. W. *Estrutura fitossociológica de líquens epífitas em Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassm. (Jerivá) em ruas de Curitiba-PR*. Curitiba. Relatório de Iniciação Científica – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, 2005.

VEIGA, P. W. *Flora líquênica epífita sobre espécies arbóreas utilizadas na arborização urbana em Curitiba-PR*. Curitiba. Relatório de Iniciação Científica – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, 2004.

ANEXO

ANEXO 1 - Concentração de poluentes atmosféricos em diferentes pontos de monitoramento do IAP em Curitiba-PR.

	Santa Casa	CIC	Boqueirão	Praça Ouvidor Pardiniho
PTS	MA: 71,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MDM: 187 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		MA: 32,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MDM: 160,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	MA: 23,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MDM: 160,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Fumaça	MA: 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MDM: 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
SO ₂	MA: 21,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MDM: 50,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	MA: 5,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MDM: 33,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	MA: 6,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MDM: 50,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	MA: 5,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MDM: 32,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO			MHM: 6871 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MM8H: 3650 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	MHM: 11566 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MM8H: 10321 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
O ₃		MHM: 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	MHM: 167 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *	MHM: 143 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂		MA: 48,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MHM: 513 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *	MA: 16,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ MHM: 323 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	

FONTE: IAP (2002)

NOTAS: PTS = Partículas Totais em Suspensão

MA = média anual; MDM = média diária máxima; MHM = média horária máxima; * ultrapassou padrão primário⁹;

⁹ O padrão primário de qualidade do ar define legalmente as concentrações máximas de um componente atmosférico que, ultrapassadas poderão afetar a saúde da população. Pode ser entendido como nível Máximo tolerável de concentração de poluentes atmosféricos.