



**COBENGE 2005**

**XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia**

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFPG-UFPE

## **BIOMONITORAMENTO, INSTRUMENTO PEDAGÓGICO A SERVIÇO DA SUSTENTABILIDADE URBANA.**

**Maria Pilar Rojals Piqué** – [pilar\\_pique@hotmail.com](mailto:pilar_pique@hotmail.com)

Pontifícia Universidade Católica de Campinas,

Rod. D. Pedro I, Km136 – Parque das Universidades 13086-900,

Campinas – SP,

Grupo de Pesquisa: Saneamento e Meio Ambiente.

**Juliana Barbosa Palhares** – [palhares@puc-campinas.edu.br](mailto:palhares@puc-campinas.edu.br)

**Rafael Augusto Pinto** – [rpinto@puc-campinas.edu.br](mailto:rpinto@puc-campinas.edu.br)

**Hádia Christiny Amorim Araújo Feitosa** – [diachris@ibest.com.br](mailto:diachris@ibest.com.br)

**Rafaela de Araujo Silva**

***Resumo:** Em razão das suas características particulares, os líquens são capazes de habitar os mais variados ambientes, embora a qualidade do ar, possa destruir toda uma comunidade de líquens de uma área, alterando de modo significativo, as características do meio ambiente. Este trabalho utiliza o biomonitoramento como instrumento pedagógico na busca da sustentabilidade oferecendo uma visão integrada e sistêmica das questões ambientais urbanas aos alunos ingressantes do curso de Engenharia Ambiental da PUC-Campinas, S.P.*

**Palavras chave:** biomonitoramento, sustentabilidade, instrumento pedagógico

### **1. INTRODUÇÃO**

As tendências nacionais e internacionais para o ensino superior e especialmente para o ensino de Engenharia, apontam a necessidade de uma Universidade engajada no contexto ético, social, político e econômico global, onde seus estudantes sejam os sujeitos de seu processo de aprendizagem (PROJETO PEDAGÓGICO – FEAN, PUC –Campinas, 2001).

Estas tendências apontam para a necessidade de introduzir e aperfeiçoar métodos pedagógicos que instrumentalizem os alunos para uma atuação compromissada com o equilíbrio entre o desenvolvimento socioeconômico e a manutenção das condições de sustentabilidade do meio ambiente e que produzam conhecimento.

Assim, o planejamento ambiental urbano, além de estruturar a cidade, deve considerar e promover sua capacidade de sustentação ambiental, uma vez que a saúde da população é diretamente afetada na proporção que o meio ambiente urbano é degradado.

Pensando desta forma, o Curso de Engenharia Ambiental da PUC Campinas, procura incentivar a utilização do meio ambiente primário (urbano) no desenvolvimento de atividades que promovam uma formação profissional eficiente e eficaz em suas soluções, além de atender às diretrizes CONFEA / CREA, SESu / MEC e ABENGE.

Segundo HAWKSWORTH (1992), são considerados como bioindicadores organismos que expressam sintomas particulares ou respostas que indiquem mudanças em alguma influência ambiental, geralmente de forma qualitativa. Biomonitorios são organismos, cuja distribuição e populações são estudados durante um certo espaço de tempo, e comparados a um modelo, onde os desvios do esperado são avaliados. Organismos com íntimas relações ecofisiológicas com atmosfera, ao invés de com seu substrato, são, particularmente, candidatos promissores para a bioindicação e, conseqüentemente, monitoramento da poluição do ar.

As diferenças entre bioindicadores e biomonitorios foram amplamente discutidas por WOLTERBEEK et al. 1995.

Considera-se o biomonitoramento como uma das técnicas mais atuais dentro da ciência ambiental. A possibilidade de medir elementos sejam eles metais pesados, ou outro tipo de poluente, usando organismos vivos é assunto muito discutido pois não foi ainda possível se estabelecer uma definição clara sobre esses aspectos (MARKERT, 1993).

Neste aspecto, os líquens tem merecido especial atenção porque diferentemente dos vegetais superiores, não dependem de um sistema radicular para a absorção de nutrientes, incorporando com facilidade altos níveis de poluentes. Desta forma, a pureza do ar atmosférico é fator crucial à sua sobrevivência, já que estes se alimentam higroscopicamente, fixando elementos nele presentes, notadamente o nitrogênio. Estes seres absorvem e retêm elementos radioativos, íons metálicos, dentre outros poluentes, e isto faz com que sejam utilizados como indicadores biológicos de poluição atmosférica (NIEBOER et al., 1972; PILEGAARD, 1976 e SEAWARD, 1977), e da chuva (HAWKSWORTH, 1990).

Os métodos para se estudarem os efeitos da poluição atmosférica em líquens têm sido, principalmente, fitossociológicos e ecofisiológico. Por estes métodos é possível relacionar a presença ou ausência de espécie de líquens, seu número, sua frequência, cobertura, sintomas de danos externos e internos, com o grau de poluição da área em estudo.

Os líquens representam uma associação entre fungos e algas. Sua arquitetura atende às necessidades dos parceiros, as algas autotróficas localizam-se próximas à superfície do líquen, enquanto as hifas, heterotróficas, garantem a umidade necessária. Assim, os benefícios proporcionados pelo micobionte, incluem proteção contra a dessecação, radiação excessiva, manutenção de uma alta pressão parcial de CO<sub>2</sub> (respiração) e a fixação e provisão de nutrientes minerais retirados do substrato. O fotobionte (alga), proporciona ao fungo, as substâncias orgânicas necessárias ao seu crescimento. Os líquens nos quais o ficobionte principal ou secundário e uma cianobactéria são de especial importância devido ao fato de também contribuírem para a adição de nitrogênio em muitas regiões (SMITH, 1955 e RAVEN et al. 1999).

Esta sensibilidade à poluição atmosférica tem sido estudada há mais de cem anos, entretanto avaliações críticas vêm sendo realizadas há pouco mais de duas décadas, com programas de pesquisa conduzidos na Bélgica, Canadá, Reino Unido, França, Alemanha, Hungria, Japão, Nova Zelândia, Polônia, Escandinávia, EUA, Venezuela e recentemente no Brasil, CARDEIRO (2004).

Estudos preliminares utilizando líquens e outras epífitas, como biomonitorios passivos da poluição atmosférica, foram realizados em Recife, Poção, Pesqueira, Garanhuns, e Campus da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) (PEREIRA et al., 1994, CÁCERES et al., 1995; CHEN et al., 1995, LOSADA et al., 1995 a e 1995 b).

Em Vitória, E.S., SAMOS (1993), analisou os principais efeitos antrópicos sobre a distribuição da flora líquênica sobre árvores do mangue.

ZANETTE et al. (1981), realizaram estudo fitossociológico utilizando líquens em dois municípios do Rio Grande do Sul.

No Estado de São Paulo, os líquens foram utilizados como biomonitores em Cubatão por FERREIRA (1980), em siderúrgicas SILVA-FILHO et al. (1989), e nas cidades de Campinas TROPMAIR (1977), e de Bauru ANTUNES (1997)

A relevância do biomonitoramento com líquens se dá pela utilização de recursos de baixo custo, avaliação de respostas biológicas de organismos vivos frente a modificações ambientais, e aproveitamento de recursos naturais a nível regional. A periderme das árvores, além de sua função de proteção dos tecidos internos e de cicatrização nos casos de lesões, apresenta características estruturais, bem como propriedades físico-químicas, que podem conferir maior ou menor grau de adaptação da planta às condições do ambiente em que se encontra ou, ainda, criar um microclima junto ao tronco, favorável ao desenvolvimento de epífitas, entre elas os líquens. (APEZZATTO-DA-GLORIA e CARMELLO-GUERREIRO, 2003).

Este trabalho tem como objetivos: utilizar o biomonitoramento através dos líquens, como instrumento pedagógico na busca da sustentabilidade urbana; criar, manter e atualizar um banco de dados sistematizado visando à implantação de programas permanentes de monitoramento da qualidade do ar em grandes metrópoles.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A aplicação desta pesquisa deu-se na cidade de Campinas, que tem cerca de 1 milhão de habitantes, é o segundo maior pólo tecnológico industrial do Estado de São Paulo e a sua frota de veículos automotores é a segunda maior do estado. Neste trabalho, a metodologia utilizada por TROPMAIR (1977), na cidade de Campinas, S.P, foi redimensionada e reaplicada, e consiste no mapeamento por zonas, em que se faz um levantamento da distribuição e abundância da flora líquênica. Elaborando-se um mapa da área estudada, podem ser detectados os locais mais poluídos, manifestados pela ausência de líquens ou pela presença unicamente das espécies resistentes. Essa metodologia, possui a limitação de realizar medidas menos precisas e exigir detalhados estudos prévios para conhecer-se o grau de sensibilidade de cada espécie líquênica encontrada. Atividades neste sentido estão em andamento.

As equipes de trabalho foram organizadas por proximidade de residência e/ou cidade. Equipes de apoio auxiliaram no recebimento e processamento dos dados. Cada aluno demarcou em mapa, sua área de observação que poderia variar entre 300 a 1000 metros e localizou 10 árvores pré - selecionadas utilizadas na arborização urbana. As espécies arbóreas foram identificadas com auxílio de LORENZI, (1992 e 1998).

Sobre o lado do tronco que recebe os ventos predominantes que trazem a umidade necessária ao desenvolvimento dos líquens, numa altura de 1,5 metros, estende-se uma rede quadriculada com 100 quadrados e procede-se a contagem das quadrículas que apresentam líquens, por exemplo: 27 quadrículas ou 27 %.

As medições devem ser feitas de preferência sobre troncos de uma mesma espécie. Se forem espécies diferentes, portanto com casca mais ou menos ásperas, devemos aplicar um índice de correção. É difícil o líquen se fixar sobre cascas lisas, portanto, a porcentagem observada deve ser corrigida para mais, já que sobre uma casca áspera a fixação é mais fácil, devendo a correção ser feita para menos.

Espécies adultas de Ipê amarelo (*Tabebuia sp*), manacá da serra (*Tibouchina mutabilis*) são consideradas, quanto à aspereza, como unidades de referência. As demais espécies ou são mais ou menos ásperas. Feita a medição junto ao tronco, aplicamos o índice de correção:

$$\% y = \frac{\% x \cdot 100}{i}$$

onde:

%y = grau de cobertura corrigido conforme rugosidade da casca

%x = grau de cobertura lida no tronco

i = índice de correção da espécie em estudo.

De acordo com o valor da % do grau de cobertura corrigido conforme rugosidade da casca (%y), foram obtidas as classes do grau de cobertura e classes de poluição:

Classe V: grau de cobertura = 51 a 100%, zona normal, sem poluição.

Classe IV: grau de cobertura = 26 a 50%, zona contestada externa, poluição fraca.

Classe III: grau de cobertura = 13 a 25%, zona contestada intermediária, poluição média.

Classe II: grau de cobertura = 6 a 12%, zona contestada interna, poluição alta.

Classe I: grau de cobertura = 0 a 5%, deserto de líquens, poluição muito forte.

A média aritmética da porcentagem de líquens corrigida para cada árvore foi utilizada na análise da poluição do ar.

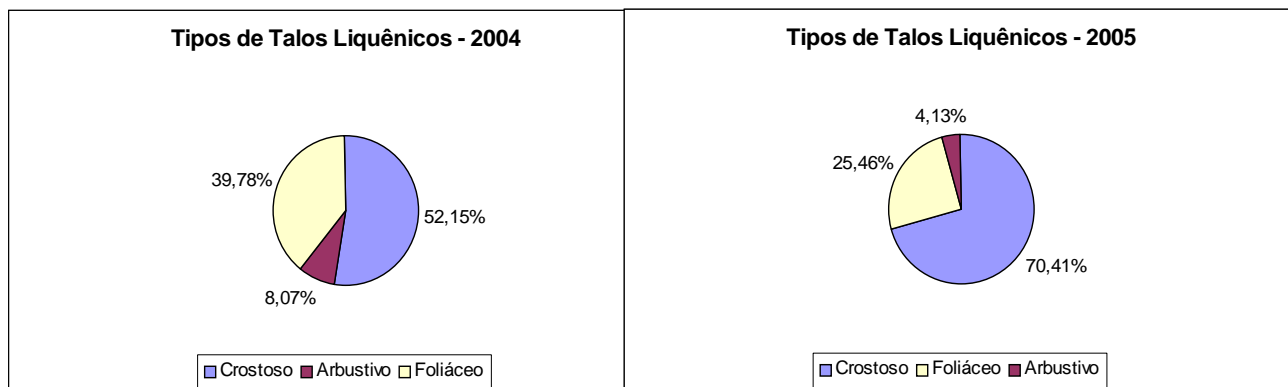
### **3. RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES**

As características micro climáticas e do substrato são determinantes na distribuição espacial, área de cobertura, biodiversidade, tipos de talo e aspectos reprodutivos nos líquens.

Quando a casca é o substrato, sua rugosidade, porosidade, dureza, estabilidade, capacidade de retenção de água, pH e composição química, são fatores mais essenciais para o estabelecimento e desenvolvimento da flora líquênica do que o táxon a que a planta pertence, (MARCELLI, 1992 e ANTUNES, 1997).

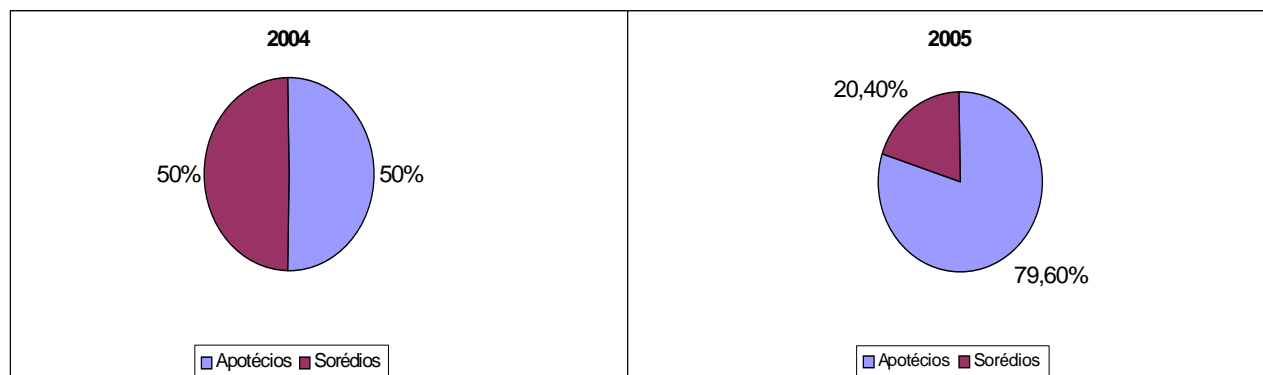
Observou-se no campo, que os líquens com talos crostosos e foliáceos e portanto mais aderidos ao substrato, foram os mais comumente encontrados em cascas lisas, e as formas arbustivas, em cascas mais rugosas e acidentadas, levando a crer que estas necessitam de um substrato mais úmido que as duas primeiras.

A baixa % de cobertura líquênica arbustiva observada no campo, nos indica uma tendência de que as espécies com este tipo de talo, certamente são mais sensíveis aos poluentes atmosféricos, uma vez que tem maior área exposta, conforme “gráfico 1”. Isso sugere a necessidade de estudos complementares utilizando substratos artificiais e diferentes talos líquênicos.



**Gráfico 1** - % da cobertura dos tipos de talo liquênicos sobre cascas das árvores urbanas de Campinas – S.P.

Os dados relativos aos tipos de reprodução, sorédios (assexuada – parceiros liquênicos) ou apotécios (sexuada – fúngica), observados em campo, nas etapas 2004 – 2005, demonstraram que cerca de 65% dos líquens estão se reproduzindo assexuadamente, contra cerca de 35% de reprodução fúngica. Não foram observadas outras formas de diásporas, conforme pode ser visto no “gráfico 2”.



**Gráfico 2** - % da cobertura dos tipos de reprodução observadas nos líquens sobre as cascas das árvores urbanas de Campinas – S.P.

No Brasil, o Ministério do Meio Ambiente promoveu em novembro de 2003, a Conferência Nacional do Meio Ambiente, realizada em Brasília - D.F., visando ampliar o debate e a participação popular na formulação de propostas, bem como o estabelecimento de diretrizes de sustentabilidade para o país.

No tópico “Meio Ambiente Urbano”, recomenda a adoção de sistemas de gestão e planejamento ambiental, que incentivem processos produtivos mais limpos e sustentáveis, buscando-se a redução ou eliminação de resíduos e da poluição atmosférica, em áreas urbanas e rurais.

As diretrizes internacionais, bem como os recentes estudos realizados no Brasil, revelam a importância do uso de bioindicadores vegetais em sistemas de monitoramento da qualidade ambiental urbana.

Em apenas 25 anos, a população de Campinas saltou de cerca de 660 mil habitantes (1980) para pouco mais de 1 milhão (2005). Além de Campinas, que constitui a sede do polo regional, também nos municípios do entorno se desenvolveu uma base econômica importante e dinâmica

tanto industrial quanto agrícola, configurando uma estrutura peculiar, com características metropolitanas próprias. Hoje, a mancha urbana ocupa grande parte de seus 871km<sup>2</sup> e está dividida em 7 macrozonas, veja o “Mapa 1”.

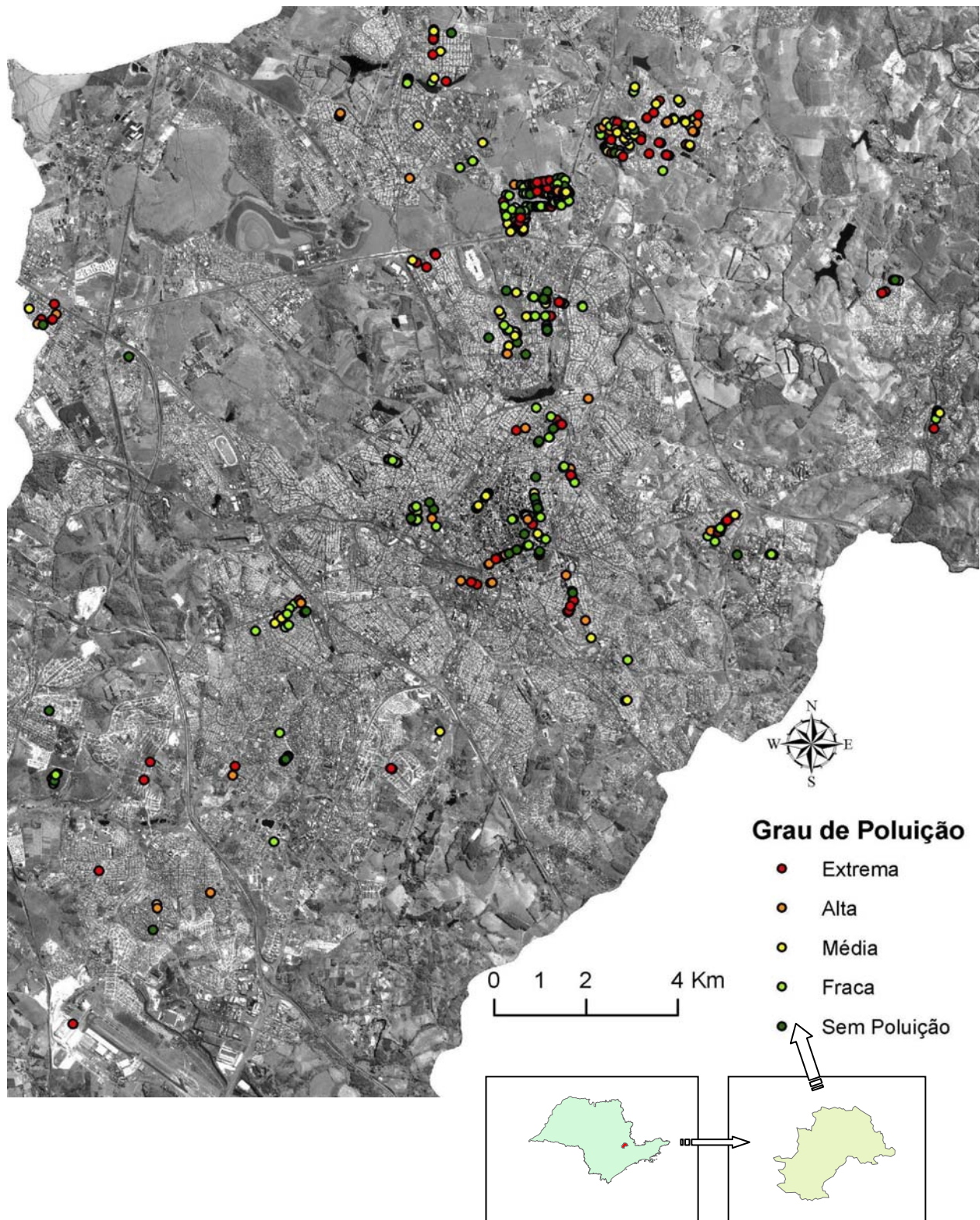
As macrozonas, por sua vez, foram divididas em 37 áreas de planejamento (AP), com diretrizes específicas (CAMPINAS, 1995).

Todo esse processo de crescimento econômico, demográfico e urbano gerou uma conurbação formada por Campinas e outros 19 municípios que compõem a Região Metropolitana de Campinas (RMC), com cerca de 2,5 milhões de habitantes.

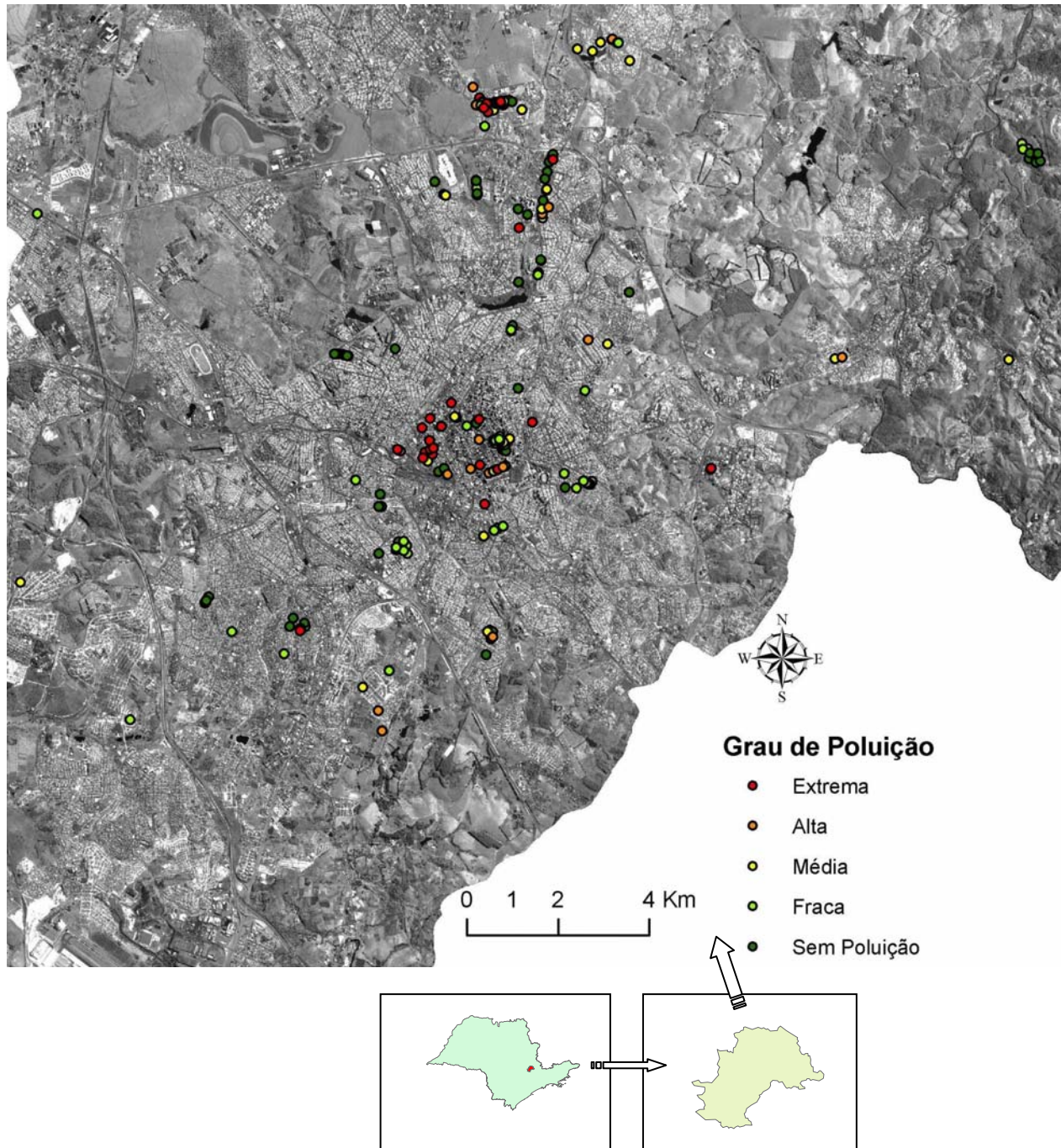
O crescimento desordenado de Campinas, sem planejamento, o descompasso no dimensionamento da infra-estrutura urbana para acompanhar essa evolução e o agravamento dos problemas sociais resultantes, foram, entre outros, os responsáveis por diferentes realidades nas diversas regiões da cidade, veja os mapas: “Mapa 2” e “Mapa 3”.



**Mapa 1** – Macrozoneamento ambiental do município de Campinas. Fonte: Campinas, Prefeitura Municipal 2002.



**Mapa 2** – Localização dos pontos amostrados de cobertura liquênica na área urbana de Campinas, S.P. ETAPA em 2004.



**Mapa 3** – Localização dos pontos amostrados de cobertura líquênica na área urbana de Campinas, S.P. ETAPA em 2005.

Desta forma, políticas públicas e privadas específicas de correção e controle para harmonizar esse crescimento, fazem-se necessárias, a medida que a crise ambiental se agrava.

Em Campinas, assim como nos demais municípios brasileiro submetidos à ação de poluentes atmosféricos, o desenvolvimento de sistemas monitorados do ar baseado no uso de bioindicadores vegetais, poderá representar um avanço significativo na garantia da qualidade ambiental.



Cabe portanto, a nós, cidadãos especializados, a importante tarefa de auxiliar no saneamento destas carências e deficiências, pois não há espaço geográfico melhor para se vivenciar a prática comunitária, do que no município onde se radica a vida do cidadão.

Somente formando uma rede em que muitas ações se entrelaçam e se amarram, dando consistência e amplitude sempre maiores ao nosso trabalho de educadores, poderemos garantir o É importante que esforços sejam direcionados no sentido de promover a instalação de “bioredes” de monitoramento da qualidade ambiental no estado de São Paulo, iniciando-se por um trabalho conjunto e coordenado entre universidades públicas, privadas, administrações municipais, agências estaduais de proteção ambiental e ONG’s, entre outras. Tal iniciativa certamente servirá como importante instrumento de suporte à implantação de políticas públicas inovadoras.

## 5. BIBLIOGRAFIA

ANTUNES, A.M. **Estudo Biogeográfico de líquens como bioindicadores de poluição do ar em 3 setores da Cidade de Bauru, SP.** Dissertação em Geociência. Instituto de Geociência e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, 130p,1977.

APPEZZATO-DA-GLORIA, B. ,CARMELLO-GUERREIRO, S. (eds) **Anatomia Vegetal.** Viçosa- UFV, p. 244-245, 2003.

CÁCERES, M. E. S.; LOSADA, A. P.; CHEN, A. R.; VIEIRA, M. M.; MOTA-FILHO, F.O.; SILVA, N.H.; PEREIRA, E. C. **Biomonitoramento da poluição atmosférica na UFPE, utilizando teores de clorofila e feofitinas em líquens como parâmetro de avaliação.** III Congresso de Iniciação Científica da UFPE. Recife- PE, p.185, 1995.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal. **Campinas: Plano Diretor.** Campinas, 1995.

CAMPINAS. Prefeitura Municipal. **Secretaria de Serviços Públicos e de Coordenação das Administrações Regionais. Departamento de Parques e Jardins.** Campinas, 2002.

CARNEIRO, R.M.A. **Bioindicadores vegetais de poluição atmosférica: uma contribuição para a saúde da comunidade.** Dissertação em Enfermagem. Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. 146p, 2004.

CHEN, A. R. M. N.; LOSADA, A. P.; VIEIRA, M.M.; CÁRCERES, M. E. S.; PEREIRA,E. C.; SILVA, N. H.; MOTA-FILHO, F.O. **Cálculo e mapeamento da qualidade do ar na UFPE, através do índice de pureza atmosférica.** III Congresso de Iniciação Científica da UFPE. Recife- PE, p.184, 1995.

CONFERÊNCIA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Tese final.** Brasília, 2003. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/conferencianacional>> Acesso em 2 de junho de 2005.

FERREIRA,M.E.M.C. **Estudo biogeográfico de líquens como indicadores de poluição do ar em Cubatão.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Geografia da Faculdade Filosofia Ciências e Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 97 p.+ 9 mapas, 1980.

HAWKSWORTH, D.L., 1990. The long-terms effects of air pollutants on lichen communities in Europe and North America. IN: Woodwell, G. M.( ed.). **Patterns and processes of biotic impoverishment.** Cambridge: Cambridge University Press, p. 45-64, 1992.

HAWKSWORTH, D.L. Litmus tests for ecosystem helth: the potential of bioindicator in the monitoring of biodiversity. IN: SWAMINATHAN, M. S. & JANA, S.(eds.) **Biodiversity. Implications for global food security.** Madras: Macmillan Índia, 17: 184-204, 1992.

LOSADA, A. P. M; CHEN, A. R.; VIEIRA, M. M.; SILVA, N.H.; PEREIRA,E. C.; MOTA-FILHO, F.O. Teores de clorofilas e feofitinas em líquens do Campus da UFPE. **XLVI Congresso Nacional de Botânica,** Ribeirão Preto, SP, p. 185-6, 1995.

LOSADA, A. P. M.; CHEN, A. R.; VIEIRA, M. M.; CÁCERES, M. E. S.; PEREIRA, E. C.; SILVA, N.H.; MOTA-FILHO, F.O. Análise de fenóis corticais e medulares de líquens como parâmetro de avaliação da ação de poluentes. **XIX Reunião Nordestina de Botânica**. Recife-PE, pág.144, 1995.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras- manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Ed. Plantarum, Vol. I., p. 352, 1992.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras- manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. São Paulo: Ed. Plantarum, Vol. II, p. 352, 1998.

MARKERT, B. **Plants as Biomonitors. Indicators for heavy Metals in the Terrestrial Environments**. New York: VCH Publishers, 1993.

NIEBOER, E.; AHMED, H. M.; PUCKETT, K. J.; RICHARDSON, D. H. S. **The heavy metal content of lichens in relation to distance from a nickel smelter in Sudbury**. Ontario Lichenologist. 5: 292-304, 1972.

PEREIRA, E. C.; ANDRADE, L. H. C.; MOTA-FILHO, F.O.; SILVA, N. H.; LEGAZ, M. E.; VICENTE, C. Avaliação da qualidade do ar na cidade do Recife, utilizando líquens como bioindicadores. **IV Encontro Regional de Estudos Geográficos**, Garanhuns, PE, p. 55, 1994.

PILEGAARD, K. **Airborne metals and SO<sub>2</sub> monitored by epiphytic lichens in industrial area**. Environ. Pollut. 17:81-91, 1976.

**PROJETO PEDAGÓGICO** - Faculdade de Engenharia Ambiental- Centro de Ciências Exatas, Ambientais e Tecnológicas (CEATEC). PUC-Campinas, p. 37, 2001.

RAVEN, P.H., EVERT, R.F. e EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 6 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., p.206-211, 1999.

SAMOS, M.L.M.. **Distribuição da flora líquênica em troncos de bosques de mangue (Vitória-ES) e principais impactos antrópicos verificados**. Specialization Monograph, Curso de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, p. 68, 1993.

SEAWARD, M. R. D. Lichens in air-polluted environments: multivariate analysis of the factors involved. In: **Proceedings of the Kuopio Meeting on Plant Damages Caused by Air Pollution**. Kuopio, p. 57-63, 1977.

SILVA - FILHO, N. L., NAGAOKA, L. Y., HAAG, H. P. & MARCELLI, M. P. Os líquens como bioindicadores de poluição atmosférica nas proximidades de uma siderúrgica- do III Congresso Brasileiro de Defesa do meio Ambiente **Anais Lindóia**, S.P: vol.II, p.734-742, 1989.

TROPPMAIR, H. Estudo Biogeográfico de líquens como vegetais indicadores de poluição aérea da cidade de Campinas – SP. **Geografia**, UNESP – Rio Claro, SP, 1977.

WOLTERBEEK, H. T. H.; KUIK, P.; VERBURG, T. G.; HERPIN, U.; MARKERT, B. & THÖNI, L. **Moss interspecies comparisons in trace element concentrations**. **Environmental Monitoring and Assessment**, 35:263-286, 1995.

ZANETTE, V.C., AGUIAR, L.W., MARTAN, L., MARIATH, J.E.A. & OSÓRIO, H.S. Estuda fitossociológico de líquens numa área localizada nos Municípios de Montenegro e Triunfo, R. Grande do Sul, Brasil **Botânica**, p.140, 28: 107, 1981.

## **BIOMONITORING OF THE QUALITY OF AIR THROUGH THE COVERING OF LICHENS IN THE CITY OF CAMPINAS**

**Abstract:** Because of its particular characteristics, the lichens are capable to inhabit different surroundings, even though the quality of air can destroy an entire community of lichens of an area, modifying in a significant way the characteristics of the environment. This work uses the biomonitoring as pedagogical instrument in the search of the sustainability and offers an integrated vision of the environmental urban issues for the students of environmental engineering of PUC – Campinas, S.P.

**Key-words:** biomonitoring, sustainability, pedagogical instrument.