

MARIA HELENA ALVES DA CUNHA

**BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR EM
VERTENTE DO LÉRIO – PE, E SUA CORRELAÇÃO
COM A OCORRÊNCIA DE DOENÇAS PULMONARES**



RECIFE

Estado de Pernambuco-Brasil

-2005-

MARIA HELENA ALVES DA CUNHA

BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR EM VERTENTE DO LÉRIO – PE, E SUA CORRELAÇÃO COM OCORRÊNCIA DE DOENÇAS PULMONARES

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre.

Comissão de orientação:

Profª DSc Eugênia C. Pereira

Orientadora

Profº DSc Nicácio Henrique da Silva

Co-orientador

Profº MSc Fernando de Oliveira Mota Filho

Co-orientador

RECIFE

ESTADO DE PERNAMBUCO – BRASIL

-2005-

Ficha Catalográfica

Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central da UFPE

Cunha, Maria Helena Alves da

Biomonitoramento da qualidade do ar em Vertente do Lério – PE, e sua correlação com a ocorrência de doenças pulmonares / Maria Helena Alves da Cunha – Recife: A Autora, 2005.

102 folhas; il., fig., quadros.

Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. Gestão e Políticas Ambientais, 2005.

Inclui bibliografia e anexos:

1. Gestão Ambiental – Desenvolvimento sustentável. 2. Poluição Industrial – Indústria de calcário, Vertente do Lério – PE – Biomonitoramento ambiental – Utilização de líquens. 3. *Cladonia verticillaris* – Biomonitor – Material particulado – Análise de substâncias líquênicas. 4. Doenças pulmonares – Material particulado – Correlação. I. Título.

504.052
577.27

CDU (2.ed.)
CDD (22.ed.)

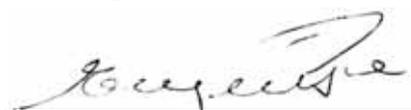
UFPE
BC2006-022

FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora

Orientadora:

Dra. Eugênicia C. Pereira

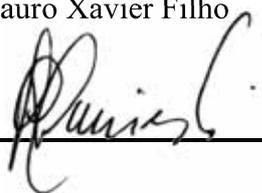


(Universidade Federal de Pernambuco)

Examinadores:

1º Examinador

Prof. Dr. Lauro Xavier Filho



(UNIT)

2º Examinador

Prof. Dr. Emerson Peter da Silva Falcão



(Universidade Federal de Pernambuco)

3º Examinador

Prof. Dr. Jan Bitoun



(Universidade Federal de Pernambuco)

Data da Aprovação – 18 de fevereiro de 2005.

“Árvores são poemas que a Terra escreve, para o céu. Nós as derrubamos e as transformamos em papel para registrar todo nosso vazio”.

Khalil Gibran

OFEREÇO

A todos aqueles que amam a natureza e respeita o homem, enquanto cidadão.

DEDICO

A minha família, em especial aos meus filhos Fernando Arthur, Alexandre Arthur e minha neta Maria Hellena, pelo respeito e amor que nos une, agradeço a existência de suas vidas, e desculpas pelos momentos em que não estive presente.

AGRADECIMENTOS

Na busca do aprendizado que nos impulsiona nos caminhos do saber permitiu a elaboração deste projeto que teve a participação de vários profissionais, enriquecendo com seus conhecimentos a pesquisa.

Inicialmente agradeço a DEUS e a ESPIRITUALIDADE AMIGA, o milagre da VIDA. Sem ela não poderíamos realizar este trabalho.

À Universidade Federal de Pernambuco, pelo Programa de Pós-Graduação em Gestão e Políticas Ambientais – Curso de Mestrado. Aos coordenadores e professores, pela competência e dedicação. Um agradecimento especial à secretária Solange Lima, pela sua presteza com os mestrandos. Um agradecimento especial ao Prof. DSc Joaquim Correia Xavier de Andrade Neto, pelo muito que realizou no Mestrado enquanto coordenador

Ao Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Pernambuco que cedeu as instalações do Laboratório de Produtos Naturais, para realização dos experimentos que fazem parte desta Dissertação. Um agradecimento a todos que fazem o referido Laboratório.

Aos meus amigos da turma de Mestrado, Isabela Rios, Aldemir Castro, Ártemis C. Fernandes, João Domingues Filho, M^a Aurenita Vasconcelos, Ademir Damião, Lindinalva da Cruz Andréia Alves, Élcio Silva, Gilmar Farias e a todos colegas desta caminhada.

A Universidade de Pernambuco – Faculdade de Formação de Professores de Nazaré da Mata, meus sinceros agradecimentos aos amigos, colegas e dirigentes dessa, que é para mim uma segunda casa e uma escola muito especial para minha vida profissional nesses 20 anos de trabalhos por mim nesta Instituição.

A Secretária de Saúde Municipal de Vertente do Lério, por ter disponibilizado seus documentos para estudo.

A Indústria Renova Terra, especialmente ao Sr. Daniel e Claudia, pela gentileza de permitir o uso das suas instalações para pesquisa.

Um agradecimento muito especial ao meu aluno Joelmir Marques, que me acompanhou nas várias visitas que realizamos no Município em estudo.

Aos meus orientadores, Prof^o Dr. Nicácio Henrique da Silva, pela meiguice, profissionalismo e competência; ao Prof^o Fernando de Oliveira Mota Filho, pela disponibilidade e incentivo constante; a Prof^a Dr^a Eugênia C. Pereira meus sinceros agradecimentos pelas várias vezes que necessitei de apoio, encontrando não a orientadora, mas a amiga que sempre esteve pronta para uma palavra de incentivo e orientação, que através de seu conhecimento e competência mostrou o caminho certo a seguir.

SUMÁRIO	PÁGINA
AGRADECIMENTOS	06
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE QUADROS	12
RESUMO	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Físio-anatomia do aparelho respiratório	18
2.2 Doenças pulmonares	19
2.3 Poluição atmosférica	20
2.4 Extração e beneficiamento do calcário	24
2.4.1 Histórico	24
2.4.2 Origem Mineral	24
2.4.3 A cal	26
2.5 Legislação Ambiental	29
2.5.1 Constituição Federal e o meio ambiente	30
2.5.2 Código de minas	30
2.6 Monitores Biológicos	31
2.7 Os líquens	33
2.7.1 Histórico	33
2.7.2 Fisiologia dos líquens	34
2.7.3 Substâncias liquênicas	35
2.7.4 Os líquens e o biomonitoramento	36

2.8 Hipóteses que nortearam este trabalho	40
3. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E QUÍMICA DE <i>Cladonia verticilla</i> (Raddi) Fr E METODOLOGÍAS ANALÍTICAS EMPREGADAS	
3.1 Morfo-ecologia	43
3.2 Química	44
3.3 Metodologia analítica	46
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	
4.1 Vertente do Lério – PE	49
4.1.1 Histórico	49
4.1.2 Localização	49
4.1.3 Clima	50
4.1.4 Vegetação	50
4.1.5 Solo	50
4.1.6 Hidrografia	50
4.1.7 Aspectos socioeconômicos e culturais	51
4.1.8 Qualidade do ar	51
5. TRABALHOS A SEREM SUBMETIDOS À PUBLICAÇÃO	
5.1 Avaliação da Qualidade do Ar em Vertente do Lério – PE, usando líquens como biomonitores ativos.	54
5.2 Incidência de Doenças Respiratória devido à Poluição por Material em Vertente do Lério – PE.	78

6. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES GERAIS

6.1 Discussão geral	90
6.2 Dados conclusivos	92

7. ABSTRACT	93
--------------------	-----------

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
--------------------------------------	-----------

9. ANEXOS	103
------------------	------------

LISTA DE FIGURAS

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Figura 1 – Modelo esquemático do sistema respiratório	19
Figura 2 – Reservas de calcário no Brasil	25
Figura 3 – Forno de calcinação em Vertente do Lério – PE	26
Figura 4 – Forno de calcinação em período de queima do calcário em Vertente do Lério PE	27
Figura 5 – Compostos resultantes da calcinação do calcário	28

3. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E QUÍMICA DE *Cladonia verticillaris*

(Raddi) Fr. METODOLOGIAS ANALÍTICAS EMPREGADAS

Figura 6 – <i>Cladonia verticillaris</i> (Raddi) Fr. em seu ambiente natural	44
Figura 7 – Fórmula estrutural dos ácidos fumarprotocetrárico (A) e protocetrárico (B)	45
Figura 8 – Fórmula estrutural da atronarina – substância presente em <i>Cladonia verticillaris</i>	46

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Figura 9 – Mapa de PE com indicativo de Vertente do Lério	49
--	-----------

Figura 10- Pátio de descarrego de uma indústria local–Vertente do Lério PE **52**

Figura 11- Vista urbana da cidade de Vertente do Lério – PE **52**

5. TRABALHOS A SEREM SUBMETIDOS À PUBLICAÇÃO

5.1 Avaliação da Qualidade do Ar em Vertente do Lério (PE), usando Líquens como Biomonitoradores Ativos

Figura 1 – Mapa do município de Vertente do Lério, com indicativo dos pontos de coleta **57**

Figura 2 – *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr, no seu ambiente natural **58**

Figura 3 – Serra do Prata – Saloá (PE) **58**

Figura 4 – Montagem dos experimentos (a); detalhe do material exposto (b) **59**

Figura 5 – Pátio de descarrego de indústria de calcário em Vertente do Lério – PE **61**

Figura 6 – Mina de calcário Vertente do Lério – PE **61**

Figura 7 – Cromatografias em Camada Delgada dos extratos orgânicos de *Cladonia verticillaris* submetida a material particulado em área de beneficiamento de calcário em Vertente do Lério – PE **64**

Figura 8 – Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 1, em Vertente do Lério (PE) **67**

Figura 9 - Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 2, em Vertente do Lério (PE) **68**

Figura 10- Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 3, em Vertente do Lério (PE) **69**

Figura 11- Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 4, em Vertente do Lério (PE) **70**

Figura 12- Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 5, em Vertente do Lério (PE) **71**

Figura 13- Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 6, em Vertente do Lério (PE) **72**

Figura 14- Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 7, em Vertente do Lério (PE) **73**

5.2 Incidência de Doenças Respiratórias devido à Poluição por Material Particulado em Vertente do Lério – PE

Figura 1 – Mapa de localização de Vertente do Lério – PE **81**

Figura 2 – Atividade extrativista de calcário em Vertente do Lério – PE **82**

Figura 3 – Atividades industriais de beneficiamento do calcário em Vertente do Lério – PE. **83**

Figura 4 – Prevalência de sintomas indicadores de doenças respiratórias encontrados nos moradores de Vertente do Lério – PE **85**

LISTA DE QUADROS

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Quadro 1 – Doenças pulmonares ocupacionais crônicas causadas por diferentes contaminantes e tipos de atividades **20**

Quadro 2 – Classificação dos poluentes atmosféricos e exemplos de forma de ocorrência **22**

5. TRABALHOS A SEREM SUBMETIDOS À PUBLICAÇÃO

5.1 Incidência de Doenças Respiratórias devido à Poluição por Material Particulado em Vertente do Lério – PE

Quadro 3 – Dados de *Causas Mortis* da Secretaria Municipal de Saúde de Vertente do Lério – PE **86**

RESUMO

A poluição atmosférica por material particulado tem interferido negativamente no ambiente e na saúde humana. Para monitorar esses poluentes utilizou-se o líquen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. como biomonitor devido a sua capacidade de mensuração quantitativa do material em suspensão. O município de Vertente do Lério – PE foi selecionado para esse trabalho, por ser uma região onde se encontram minas e indústrias que beneficiam o calcário, emitindo para a atmosfera o material particulado decorrente dessa atividade. O líquen foi transplantado de uma mancha de cerrado na Serra do Prata, município de Saloá, do Estado de Pernambuco, para pontos estratégicos da área de estudo, considerando-se a direção predominante dos ventos e a localização dos emitentes de poluentes. Os líquens ficaram expostos por um período de sete meses sendo, mensalmente, retirados para análise por cromatografias em camada delgada (CCD) e líquida de alta eficiência (CLAE). Os resultados obtidos de forma qualitativa demonstraram que as amostras do primeiro mês de exposição apresentaram uma produção razoável de ácido fumarprotocetrárico (FUM), principal substância da espécie e, nos meses subsequentes os líquens apresentaram uma diminuição significativa do FUM, com aumento na produção de substâncias intermediárias do metabolismo deste ácido. Esses achados foram confirmados pela CLAE, demonstrando que o líquen sofre, em algum momento, um colapso que o impede de realizar a biossíntese do FUM. Visando relacionar a poluição atmosférica com a qualidade de saúde da população local, realizou-se um levantamento junto à Secretaria Municipal de Saúde buscando avaliar a *causa mortis* por problemas respiratórios, no período de 1996 – 2004, e aplicação de questionário junto à população para reconhecer os sintomas respiratórios existentes. Constatou-se que os registros são inadequados, não fornecendo subsídios suficientes para relacionar óbitos provocados pela poluição por material particulado emitido pelas indústrias e minas de calcário. Constatou-se que uma parcela significativa de indivíduos apresentava-se assintomáticos, enquanto outros referiam tosse, espirro, sangramento nasal, entre outros sintomas. Foi possível concluir que o município de Vertente do Lério apresenta um nível alto de poluição atmosférica demonstrado pela agressão evidenciada pelos biomonitores, principalmente nos pontos localizados próximos aos emitentes, ou em locais de direção predominante dos ventos. Apesar disso, não foi encontrada alteração na saúde da população que evidenciasse uma relação com os níveis de poluentes. Esses dados podem indicar a saída de pacientes para tratamento em centros mais desenvolvidos como Surubim ou Recife, onde seus registros são provavelmente encontrados. Por fim, a *Cladonia verticillaris* demonstrou possuir capacidade de mensurar os índices de poluição, conforme referido pela literatura específica.

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios o homem mantém uma relação com a natureza ligado basicamente à sobrevivência. Conhecia o ambiente para saber que tipos de vegetais seriam usados para alimentação ou medicamentos, onde buscar água, qual tipo de madeira era mais adequado para fazer fogo ou moradia, sendo a natureza soberana e o homem seu servo. Com a modificação da sociedade ancestral, o início da era tecnológica e um acelerado processo urbanístico, o ser humano modificou sua visão em relação aos recursos naturais, usando-o de maneira inadequada, buscando conhecer a natureza, para torná-la subserviente aos seus caprichos tornando-a dominada em relação à humanidade.

A poluição do ar é um dos grandes problemas que acomete hoje o planeta, com repercussão significativa sobre o meio ambiente e a saúde da população. Os poluentes neles encontrados estão, geralmente, sob a forma de material particulado, que podem ser facilmente absorvidos pelo sistema respiratório do homem, causando-lhe afecções das vias aéreas superiores e inferiores.

O monitoramento desses contaminantes, que podem ser de metais pesados a radionuclídeos, pode ser realizado com equipamentos e/ou monitores biológicos, também conhecidos como biomonitores. Neste caso, os líquens são utilizados há décadas, a nível mundial, com bastante sucesso e, com estudos relevantes para o Estado de Pernambuco.

O crescimento econômico gera, via de regra, impactos ambientais e, na maioria dos casos, produção de elementos estranhos ao ambiente, os conhecidos poluentes. Em Pernambuco a exploração mineral vem tomando importâncias econômicas cada vez mais relevantes. No entanto, o desenvolvimento econômico vem associado aos problemas ambientais e sociais que decorrem direta e indiretamente da referida atividade.

Dentre as localidades que desenvolvem tal atividade extrativa, o Município de Vertente do Lério enquadra-se na situação supracitada. Sua atividade econômica predominante é a extração e o beneficiamento do calcário, que se revela como importante fator de desenvolvimento sócio econômico para região, entretanto concorre para a degradação do ambiente e repercute na saúde da população, aumentando a incidência de doenças do aparelho respiratório. Por isso, um estudo que indique a difusão dos contaminantes atmosféricos no município, bem como o seu mecanismo de ação sobre organismos vivos, ou biomonitores, auxiliarão na elucidação das ocorrências e óbitos causados direta ou indiretamente pela atividade econômica do município.

Com isto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a qualidade do ar em Vertente do Lério utilizando o líquen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. como biomonitor.

A partir da avaliação fisiológica da espécie, realizou-se um cruzamento dessas

informações com a incidência de doenças respiratórias e o zoneamento da qualidade do ar no município. Os resultados poderão fornecer subsídios a um plano de manejo ambiental para a área, no sentido de propiciar uma maior qualidade de vida para a população.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Físio-anatomia do aparelho respiratório

Os pulmões são órgãos do corpo humano que promovem o intercâmbio entre o meio ambiente e o sangue. Através da inspiração, material particulado, fumaça e microrganismos existentes no ar, chegam aos alvéolos pulmonares, podendo desenvolver alterações cardiorrespiratórias em uma significativa parcela da população.

Estima-se que a poluição do ar seja responsável por 800 mil mortes anuais, e que a exposição a poluentes no ambiente de trabalho é a oitava causa de mortalidade no mundo (www.jornaldomeioambiente.com.br, acessado em 10 de outubro de 2003).

O aparelho respiratório possui como função suprir oxigênio para os tecidos e, remover o gás carbônico do mesmo (Guyton, 1988).

O mesmo autor refere que o sistema respiratório é constituído pelas seguintes estruturas: nariz, faringe, laringe, cordas vocais e pulmões (Figura 1). O nariz tem a função de aquecer, umidificar e limpar o ar inspirado; a faringe, popularmente denominada de garganta, divide-se posteriormente, em traquéia e esôfago. Nesse local o ar é separado do alimento, através de mecanismos controlados por reflexos nervosos. No momento que o alimento toca a faringe, as cordas vocais fecham-se e, a epiglote obtura a abertura da laringe, impedindo assim que o alimento caia na traquéia e siga, posteriormente, para os pulmões, indo assim para o esôfago. As cordas vocais são a parte da laringe que produz som; a traquéia é a última estação antes de chegar aos pulmões. É um órgão que possui pelos para retirar partículas que se encontram no ar; os pulmões localizam-se no interior da caixa torácica, formada anteriormente pelo esterno, posteriormente pela coluna vertebral, nas partes laterais pelas costelas e é fechada, inferiormente, pelo diafragma. Após a traquéia, encontram-se os brônquios que vão se ramificando em estruturas cada vez mais delgadas até os alvéolos. Estes são pequenos sacos cheios de ar, onde ocorre a hematose, isto é, troca de gases. Cada alvéolo apresenta, em suas paredes, uma rede de capilares. A membrana que separa o ar dos alvéolos e o sangue dos capilares é delgada, permitindo assim que o oxigênio se difunda facilmente no sentido ar-sangue, com o gás carbônico no sentido contrário. Portanto, a função dos alvéolos é aerar o sangue e permitir a reposição do oxigênio e a remoção do gás carbônico (Gayton, 1988).

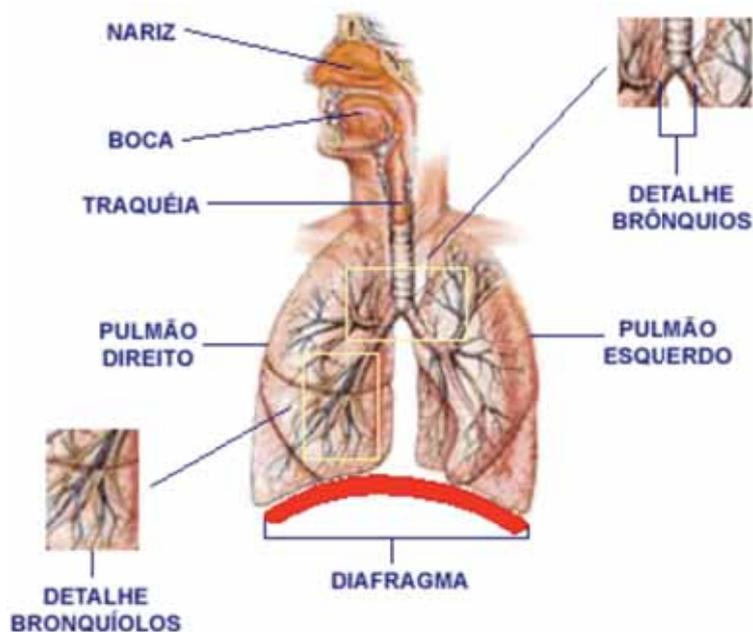


Figura 1 – Modelo esquemático do sistema respiratório

Fonte: www.lesaomedular.com.br/respiracao.htm (acessado em 30 de agosto de 2004).

2.2 Doenças pulmonares

A poluição atmosférica tem proporcionado uma interação entre os indivíduos e os materiais inalados, dentre eles os alérgenos, vírus, bactérias, contaminantes do ar e poeira.

Os poluentes particulados, após sua inalação, podem se depositar nas vias aéreas superiores e inferiores, dependendo do tamanho, peso, forma e velocidade de sedimentação. As partículas cujo diâmetro são superiores a $10\mu\text{m}$ ficam retidas no nariz e nas vias aéreas superiores, enquanto as partículas de menor tamanho, com diâmetros inferiores a $0,1\mu\text{m}$, ficam retidas nas vias aéreas inferiores e nos alvéolos (Harrison, 1980).

De acordo com o referido autor o formato das partículas dos aerossóis sólidos (poeira), atinge estruturas diferenciadas. Por exemplo, os asbestos possuem fibras retas, delgadas e longas, podendo atingir vias menores do que as partículas com forma redonda de tamanho equivalente. Diante de poluentes atmosféricos o organismo responde de forma diferenciada como irritação na garganta, ardência nos olhos, espirros, tosse, ou através de situações mais graves como fechamento da glote, apnéia, respiração rápida e superficial e constrição das vias aéreas inferiores (Harrison, 1980). O mesmo autor refere-se a respostas específicas crônicas, diante da exposição prolongada de certos poluentes, que levam à caracterização de doenças ocupacionais, conforme mostra o quadro 1.

Quadro 1 - Doenças pulmonares ocupacionais crônicas causadas por diferentes contaminantes e tipos de atividades.

Doença	Agente	Indústrias	Efeitos
POEIRAS MINERAIS			
Aluminose, pulmão de bauxita	Poeiras de alumínio e óxido de alumínio	Fusão do corindo, explosivos, tinturas, fogos de artifício	Fibrose, bolhas, pneumotórax
Asbestose	Asbestos: Crisotila Amosita Crocidolita	Isolamento, revestimento, construção, estaleiros e tecelagem	Fibrose, placas pleurais, câncer pulmonar, mesotelioma
Baritose	BaSO ₄	Mineração	Depósitos de poeira
Doença do berílio	Compostos do berílio	Fabricação de aviões, metalurgia, combustível de foguete	Pneumonite, granuloma, fibrose intersticial
Pneumoconiose dos trabalhadores de carvão	Poeira do carvão	Mineração, preparação do carvão, grafite	Depósitos de poeira, fibrose, bronquite
Pneumoconiose de metais duros	Cobalto, tungstênio, carburato de titânio, carburato de tântalo	Indústria de instrumentos de corte	Fibrose intersticial
Caolinose	Silicatos de alumínio hidratados	Porcelanas chinesas	Depósitos de poeira, fibrose
Asma da platina	Sais de platina	Eletrônica, produtos químicos	Obstrução reversível das vias aéreas
Siderose	Óxido de ferro	Soldagens, ligas de ferro, mineração	Depósitos de poeira
Silicose	Sílica (SiO ₂)	Mineração (ouro, estanho, cobre, grafite, carvão), porcelanas, fornos de areia com injeção de ar, fundições, pedreiras e alvenarias (granito, ardósias, arenito)	Depósitos de poeira, fibrose
Estanose	Óxido de estanho	Fundições	Depósitos de poeira
Talcoose	Silicatos de magnésio hidratados	Indústria de borracha	Fibrose perivascular
POEIRAS ORGÂNICAS			
Asma (ver Cap. 257)	Sementes do ricino Farinha de trigo Sementes de tamarindo Goma de acácia Gorgulho de segmentos Pêlos de cabaços Pólen de ervas	Fabricação de óleo de ricino Padarias Acabamento de fios Indústria de impressão Manipuladores de sementes Técnicos de laboratório Jardineiros, conservadores de parques	Obstrução reversível das vias aéreas
Alveolite alérgica (ver Cap. 256)	Vários fungos; poeiras vegetais e produtos animais	Culturas de cana-de-açúcar (bagaço), cogumelo, trabalhadores do malte, criadores de aves	Pneumonite intersticial aguda e crônica, fibrose
Bissinose	Poeiras do algodão, linho e cânhamo	Indústrias de madeiras, serriarias Tecelagem	Obstrução das vias aéreas, perda da retração elástica

Fonte: Harrison, 1980

2.3 Poluição atmosférica

Com as mudanças dos paradigmas econômicos observados a partir da Revolução Industrial, a população passa a migrar para as cidades com o objetivo de adquirir melhores condições de vida, principalmente devido à instalação das indústrias que são geradoras de emprego e renda. Paralelo a esse processo observa-se que a industrialização levou a uma utilização inadequada dos recursos naturais, promovendo um aumento nos índices de poluição. Esta já era observada em Londres, desde o século XVII, quando se utilizava o carvão que possuía o dobro do enxofre do produto usado hoje em dia (Keith, 1988). Segundo

o autor, a primeira vista que o viajante tinha de Londres era o ameaçador manto de *smog* (nuvem de poluição).

Assunção (1998) *apud* Almeida (1999), define como poluente atmosférico qualquer substância sólida, líquida ou gasosa, ou energia que, presente na atmosfera, pode torná-la poluída.

Conforme o autor, os poluentes se classificam de acordo com seu estado físico, sua origem e sua classe química. Quanto ao seu estado físico, classificam-se em materiais particulados, gases e vapores; primários ou secundários de acordo com sua origem, sendo os primários lançados diretamente na atmosfera (os particulados, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, óxido de nitrogênio e hidrocarbonetos). Os secundários são produzidos através de reações químicas entre os poluentes primários e compostos atmosféricos naturais (ozônio). Quanto à classe química, os poluentes classificam-se em orgânicos e inorgânicos, conforme quadro 2.

A poluição atmosférica pode ter como causa um agente natural, ou ser provocada por ações antrópicas. As fontes naturais de poluentes atmosféricos são as emissões de gases provocadas por erupções vulcânicas, atividades de *geysers*, decomposição de animais e vegetais, formação de gás metano em pântanos, incêndios naturais em florestas, entre outras. A poluição antrópica possui como fonte os vários processos e ocupações industriais; queima de combustível para transporte; incineração de lixo; queimadas na agricultura; produtos voláteis; equipamentos de refrigeração e ar condicionado, e *sprays* (Godish, 1991; Botkin & Keller, 1995; Assunção, 1998 *apud* Almeida, 1999).

Os poluentes atmosféricos encontrados sob a forma de gases ou particulados têm sido alvo de inúmeras pesquisas, visto os impactos negativos que causam à atmosfera, à vegetação, à saúde humana, e aos animais (Godish, 1991 *apud* Almeida, 1999).

CLASSIFICAÇÃO	EXEMPLOS
Material Particulado	Poeira, fumaças, névoas
Gases e Vapores	CO, CO ₂ , SO ₂ , HC, NH ₃ , H ₂ S, NO _x , Cloro
Poluentes Primários	CO, SO ₂ , NH ₃ , H ₂ S, CH ₄ , Cloro, Mercaptana
Poluentes Secundários	O ₃ , Aldeídos, Sulfatos, Ácidos Orgânicos, Nitrato
Poluentes Orgânicos	HC, Aldeídos, Ácidos Orgânicos, Nitratos
Poluentes Inorgânicos	CO, CO ₂ , SO ₂ , NO _x , Cl, Poeira Mineral, Névoas Ácidas e Alcalinas
Compostos de Enxofre	SO ₂ , SO ₃ , H ₂ S, Sulfatos
Compostos Nitrogenados	NO, NO ₂ , HNO ₃ , NH ₃ , Nitratos
Carbonados Orgânicos	HC, Aldeídos, Alcoois.
Compostos Halogenados	HCL, HF, CFC, Cloretos, Fluoretos
Óxido de Carbono	CO, CO ₂

Quadro 2 - Classificação dos poluentes atmosféricos e exemplos de forma de ocorrência

Fonte: Assunção, 1998 *apud* Almeida, (1998).

Os poluentes gasosos podem ser classificados em cinco grupos: óxido de carbono, compostos de enxofre, compostos de nitrogênio, hidrocarbonetos e oxidantes fotoquímicos. Os óxidos de carbono são encontrados na forma de monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂), proveniente de fontes naturais ou antrópicas; os compostos de enxofre encontrados na forma de óxidos de enxofre (SO_x) e gás sulfídrico (H₂S); compostos de nitrogênio que incluem os óxidos de nitrogênio (NO_x), amônia (NH₃) e o nitrogênio N₂; dentre os hidrocarbonetos encontra-se o metano (CH₄), butano (C₄H₁₀) e propano (C₃H₈); os oxidantes fotoquímicos se formam na atmosfera devido a reações químicas entre poluentes orgânicos, óxido de nitrogênio, oxigênio e luz solar. Representa esse grupo o ozônio (O₃), o

dióxido de nitrogênio e, em menores proporções, de peroxiacilnitratos (PAN) (Almeida, 1999).

Os poluentes particulados são partículas sólidas ou líquidas, que provenientes de uma fonte poluidora e dispersos no ar, formam os aerossóis. São provenientes de fontes naturais ou antropogênicas, podendo ser uma partícula primária, quando vem da própria fonte, ou partícula secundária, quando se forma na atmosfera devido a reações com compostos preexistentes. Essas partículas são diferentes em tamanho, morfologia, composição química e propriedades físicas (Godish, 1991 *apud* Almeida, 1999).

A poluição do ar afeta todo meio ambiente, natural e construído, incidindo negativamente sobre a flora, fauna e saúde humana. Os vegetais submetidos aos efeitos da poluição podem apresentar necrose de folhas, caule e frutos; diminuição ou ausência de crescimento; propensão a doenças e pragas; interrupção do processo reprodutivo (Almeida, 1999).

O ser humano também pode ser agredido negativamente pela poluição, proporcionando alterações na homeostasia dos sistemas orgânicos.

Atualmente a maioria da população humana vive em centros urbanos. E tudo que aí ocorre influencia na dinâmica da biosfera.

A população urbana cresce em 70 milhões de habitantes por ano. A batalha para se alcançar a sustentabilidade, um equilíbrio no uso dos recursos naturais e a demanda humana será ganha ou perdida nas cidades do mundo, hoje responsáveis pela emissão de 3/4 do gás carbônico mundial (Dias, 2002).

Após a Segunda Guerra Mundial e com a Revolução Industrial acelerou-se o processo de urbanização. Na década de 60, o mundo começou a sentir as conseqüências dos modelos de desenvolvimento econômico adotado pelos países industrializados (Dias, 2002)

Com o capitalismo e a industrialização, observou-se o uso indiscriminado dos recursos naturais, proporcionando um desequilíbrio nos ecossistemas da biosfera, aumentando a poluição por material particulado, e levando a uma distribuição de renda desigual e, gerando um quadro de exclusão social dentro das várias camadas da sociedade.

O Brasil possui 32% dos brasileiros num nível de pobreza, com uma renda *per capita* de menos R\$ 80,00 por mês, não suprimindo as necessidades básicas do indivíduo (CNI, 2002). Consciente da importância social que lhe cabe, a visão da indústria brasileira é que o país seja capaz de superar a pobreza e a desigualdade de renda, através de uma sociedade democrática e de uma economia de mercado competitiva (CNI, 2002).

No despontar do século XXI encontra-se na Mesorregião do Agreste Setentrional do Estado de Pernambuco, o Município de Vertente do Lério, que explora o calcário determinando altos níveis de poluição atmosférica o que interfere na saúde da população local.

2.4 Extração e beneficiamento do calcário

2.4.1 Histórico

Os minerais têm sua história ligada diretamente à evolução do homem. No final do Terciário, há 1 milhão de anos, aproximadamente, ferramentas e armas primitivas foram utilizadas pelos *Australopithecus*, assim como, cavernas em calcário foram abertas como moradia para esse grupo de indivíduos (Guimarães, 1997).

Durante toda fase evolutiva do homem, a utilização de minerais para confecção de armas e utensílios domésticos foi se aperfeiçoando. Com o *Homo sapiens*, há mais ou menos 250 mil anos, ocorreu uma melhor utilização do fogo. Trabalhavam peças em argila, ágata, quartzo e rochas duras como as básicas (gabros) e as ácidas (granitos) (Guimarães, 1997). Segundo o referido autor, a relação evolutiva do homem com os minerais se torna tão evidente, que os períodos culturais da humanidade foram denominados por termos ligados a litologia – Idade da Pedra (período Eolítico, Paleolítico, e Neolítico); Idade do Cobre; Idade do Bronze e Idade de Ferro. O homem conheceu a cal provavelmente nos primórdios da Idade da Pedra (período Paleolítico).

2.4.2 Origem mineral

A parte sólida da crosta terrestre é constituída por massas sólidas, distribuídas em relevos dos mais diversos. Essas massas chamadas de rochas são formadas por minerais de composição química diversa. Como rochas e minerais mais usados pelo homem, encontram-se as rochas carbonatadas, que correspondem a 0,25% do volume da crosta terrestre (Guimarães, 1998). A constituição das referidas rochas é em torno de 50% dos seguintes minerais: calcita (CaCO_3), aragonita (CaCO_3) dolomita ($\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3$) e siderita (FeCO_3). Os minerais secundários são: quartzo, argilas, óxidos metálicos de ferro e manganês, matéria orgânica, fosfato, sulfetos, sulfatos e fluoretos. Os elementos traço encontrados são: alumínio, titânio, sódio, potássio, bário, estrôncio, chumbo, cádmio, vanádio, cromo, cobalto, níquel, cobre, gálio, zircônio, molibdênio e estanho (Guimarães, 1997; Guerra & Guerra, 1997).

Os calcários dolomíticos possuem diversas aplicações no cotidiano do homem. Destaca-se como pedra ornamental, para construção civil, pigmentos de tintas, corretivo de acidez do solo, nas indústrias de vidro, cerâmica, ração animal, cimento e cal, entre outras.

Suas reservas são encontradas em vários continentes. No Brasil, os maiores produtores encontram-se no sudeste do país – Minas Gerais, São Paulo e Paraná. O consumo brasileiro de calcário é da ordem de 58 milhões de t/ano (Guimarães, 1997), conforme Figura 2.

Apesar da composição química básica ser idêntica (CaCO_3), os calcários se diferenciam quanto a sua origem, biológica ou orgânica e química. Os calcários biológicos formaram-se a partir de depósitos de conchas, corais, etc.; já os químicos são resultado de precipitações químicas em ambientes aquáticos rasos e de clima quente. Quando esses depósitos passam por processo de litificação, evoluem para calcário metamórfico (Guerra & Guerra, 1997).

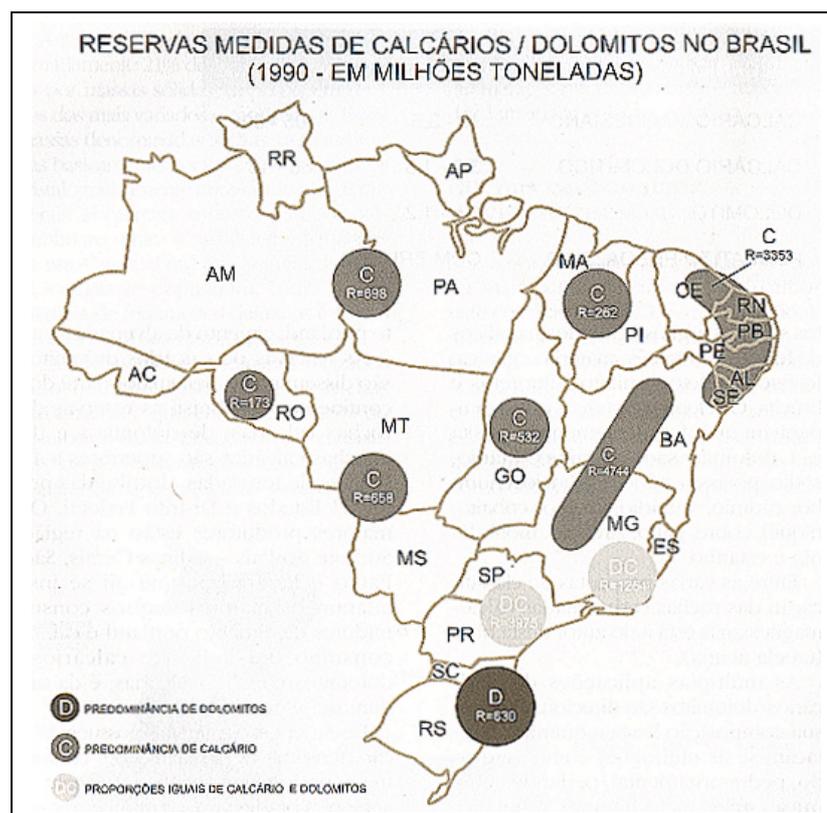


Figura 2 - Reservas de calcário no Brasil Fonte: Guimarães (1997).

2.4.3 A cal

A cal é o principal produto dos calcários dolomítico e biodetrítico, obtida através de uma reação química – a calcinação. Esse processo realiza-se em fornos artesanais, ou nos de alta tecnologia. Através da calcinação do calcário obtêm-se dois produtos – cal e dióxido de carbono. A temperatura de dissociação da calcita é de 898°C e da dolomita, entre 500 – 700°C (Guimarães, 1997). Exemplos podem ser observados nas figuras 3 e 4.



Figura 3 - Forno de calcinação do calcário em Vertente do Lério – PE Fonte: Cunha, 2004

No processo de calcinação estão presentes algumas impurezas, tais como, sílica, ferro e alumina, que tendem a formar silicatos; o enxofre contamina o meio ambiente quando é expulso com os gases da combustão; o fósforo e o potássio valorizam a cal quando utilizada na agricultura, já que são nutrientes vegetais.



Figura 4 - Forno de calcinação em período de queima do calcário em Vertente do Lério – PE.

Fonte: Cunha, 2004.

Os produtos da calcinação dos carbonatos de cálcio e de magnésio são, respectivamente, os óxidos de cálcio (CaO) e cálcio magnésio (CaO-MgO), sendo chamados genericamente de cal virgem, cal aérea, ou cal viva. Dependendo das características das rochas ou impurezas, o produto recebe o nome de **cal cálcica** – alto teor de óxido de cálcio; **cal dolomítica** – a relação entre os óxidos de cálcio e de magnésio são iguais (CaO/MgO); **cal magnesiana** – os teores de óxido de magnésio são intermediários entre a cal cálcica e a cal dolomítica (Guimarães, 1997), conforme figura 5.

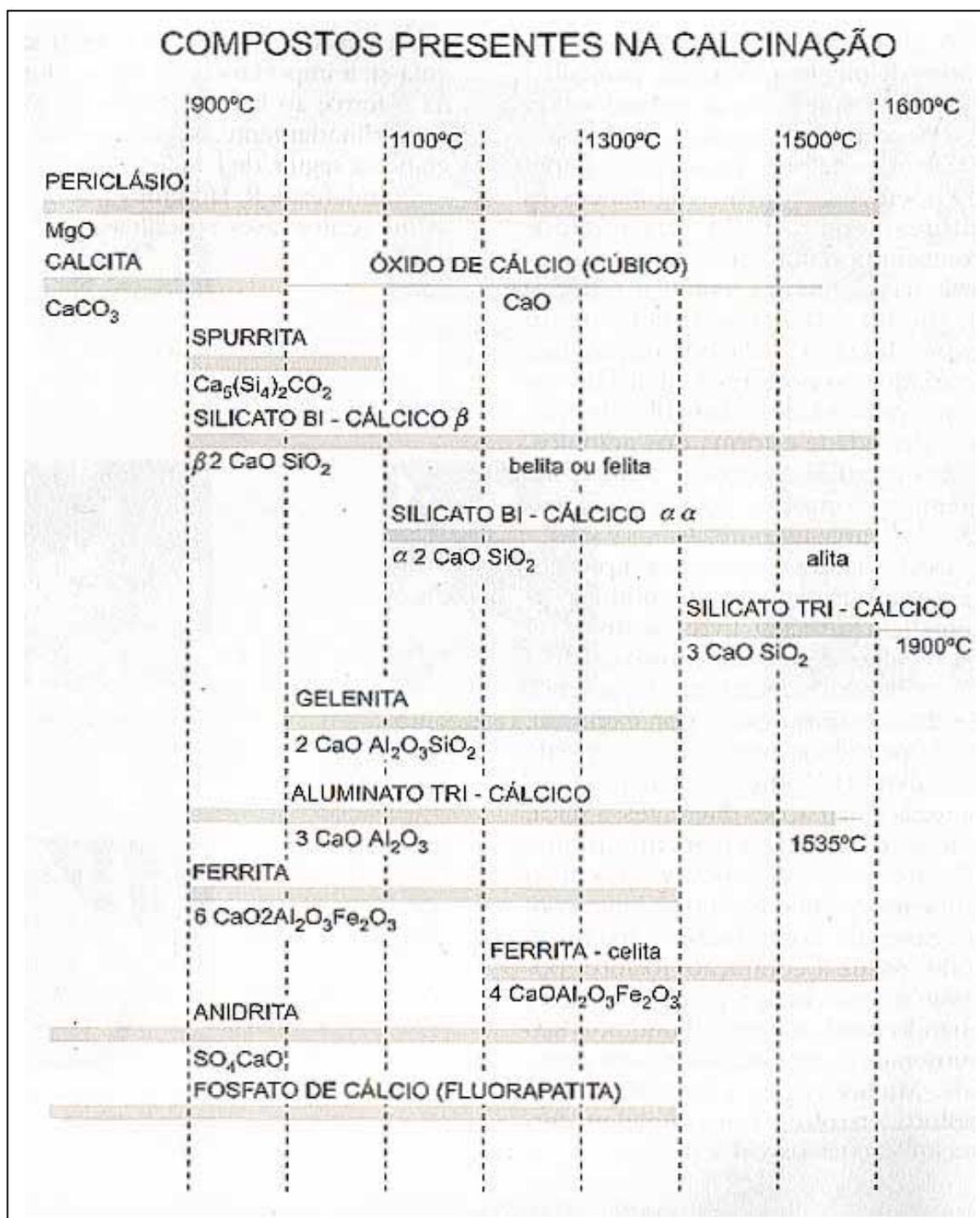


Figura 5 - Compostos resultantes da calcinação do calcário

Fonte: Guimarães, 1997.

2.5 Legislação ambiental

Com o progresso tecnológico e econômico, o fenômeno da agressão ao meio ambiente era considerado normal, só passando a ter uma preocupação jurídica após a Segunda Guerra Mundial, no final dos anos 50 (Lanfredi, 2002).

O termo meio ambiente surgiu com a Lei 6.938/81 – Política Nacional do Meio Ambiente - que em seu artigo 3º que o define como “*o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas*” (Rocco, 2002).

A expressão meio ambiente tem um caráter redundante, já que meio é o ambiente onde se observa certo fenômeno. E ambiente é o lugar, sítio, recinto, espaço que envolve os seres vivos ou as coisas. Entretanto, a expressão meio ambiente consagrou-se na língua portuguesa, utilizada pela doutrina, lei e jurisprudência do país (Peters & Pires, 2002).

A história tem demonstrado que o homem tem agredido constantemente a natureza, iniciando-se esse processo no Brasil com a chegada dos colonizadores em 1500. A primeira agressão às matas brasileiras ocorreu em 1º de maio de 1500, quando se fez uma enorme cruz de madeira e aberta uma clareira para a realização de uma missa, prenunciando um progresso de degradação exploratória dos recursos naturais do país (Dias, 1998).

Neste período, o meio ambiente não possuía um caráter jurídico, sofrendo ações antrópicas, sem que houvesse legislação para punir os agressores.

O Direito Ambiental começa a surgir diante de uma situação desfavorável que se encontra o meio ambiente, sofrendo agressões nos seus recursos naturais, utilizados de maneira inadequada. É um direito em formação por que não havia o costume, a jurisprudência ou outra fonte qualquer que constituísse o direito (Rocco, 2002).

Concebido enquanto direito difuso, apresenta-se sem determinação dos seus destinatários, isto é, todos ou qualquer um são legítimos para pleitear sua defesa (Rocco, 2002).

É importante ressaltar que a proteção jurídica do meio ambiente apresentava um caráter pontual, por ocasião da década de 60 – 70, quando foi estabelecido o Código Florestal (1965), além dos Códigos de Caça, Pesca e Mineração, todos em 1967. Porém o Direito Ambiental, passa a ter um aspecto holístico com a aprovação da Lei 6.938/81, que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, onde seus instrumentos asseguram um tratamento global e instrumentalizado, visando a proteção do meio ambiente em todo país (Benjamin, 1999 apud Rocco, 2002).

2.5.1 Constituição Federal e o meio ambiente

A Constituição Federal de 1988 destaca-se por ser a primeira Constituição a possuir um capítulo exclusivo sobre o tema. Foi denominada de Constituição Cidadã, por ter assegurado os direitos inerentes à cidadania (Rocco, 2002). Reserva, em seu Capítulo VI do Título VIII, art. 225, um texto exclusivo ao meio ambiente (Peters & Pires, 2002).

No caput do art. 225 diz:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (Constituição da República Federativa do Brasil, 1988).

Analisando-se o artigo, conclui-se que o meio ambiente é um bem protegido juridicamente, respaldado constitucionalmente, sendo direito do cidadão um ambiente equilibrado para uma qualidade de vida digna do ser humano.

2.5.2 Código de minas

O processo de mineração no país é regulamentado pelo Código de Minas – Decreto Lei 227 de 28 de fevereiro de 1967, que dá nova redação ao Decreto Lei 1.985 de 29 de janeiro de 1940.

Este Código, em seu Art. 38 – III, refere que para a autorização da lavra (mina em atividade), é necessária a “*denominação e descrição da localização do campo pretendido pela larva, relacionando-o, com precisão e clareza, aos vales dos rios ou córregos, constantes nos mapas ou plantas de notória autenticidade e precisão, e estrada de ferro e rodovias, ou, ainda, a marcos naturais ou acidentes topográficos de inconfundível determinação*” (Medauar, 2003).

O referido instrumento jurídico, em seu Art.47, determina que

ficará obrigado o titular da concessão, além das condições gerais que constam deste Código, ainda às seguintes, sob pena de sanção previstas no Capítulo V:

Item X- evitar extravio das águas e drenar as que possam ocasionar danos e prejuízos aos vizinhos;

Item XI – evitar poluição do ar, ou da água, que possa resultar dos trabalhos de mineração;

Item XII – proteger e conservar as fontes, bem como utilizar as águas segundo os preceitos técnicos quando se tratar de lavra de jazida de Classe VIII.

Jazidas são massas individualizadas de substância mineral ou fóssil, aflorando à superfície, ou existente no interior da terra e tenha valor econômico (Medauar, 2003). Sua exploração (lavra) deve ser regulada pelo Código de Minas, que em seus artigos determina as regras para execução de pesquisas minerais com artigos específicos para proteção do meio ambiente.

2.6 Monitores biológicos

As alterações que ocorrem no ambiente podem ser monitoradas por organismos que respondem por essas modificações, de forma qualitativa. São os bioindicadores, segundo Hawksworth (1992). Biomonitoradores são organismos que, ao serem estudados em um determinado espaço de tempo, e comparados a um modelo, analisam-se os desvios esperados (Hawksworth, 1992). Os seres que possuem seu metabolismo associado com a atmosfera, não necessitando de substrato para nutrição, são organismos mais qualificados para o biomonitoramento da poluição do ar (Cárceles, 1996).

No contexto de poluição atmosférica, a diferença entre bioindicadores e biomonitoradores se dá em função dos primeiros que fornecem informações sobre a qualidade do ar, enquanto os últimos podem ter quantificadas suas respostas (Wolterbeek et al., 1995).

Devido ao fato dos biomonitoradores apresentarem uma relação intrínseca com o ambiente estudado, interagem com os poluentes circulantes, sendo assim uma vantagem do biomonitoramento. Por outro lado, para a sua interpretação são necessários as medições físicas, ou um conjunto de fatores que atuam sobre o ambiente. As análises desses dados se

complementam à luz de experimentos de laboratórios, visto que em campo, os efeitos de um poluente sobre um determinado organismo variam de acordo com as características dos elementos ambientais, que podem provocar efeitos sinérgicos, aditivos ou antagônicos, enquanto sob condições experimentais, podem ser avaliados separadamente (Markert, 1993).

Os líquens são organismos que para sobreviverem necessitam de um ar com condições adequadas, sem poluentes, visto que possuem capacidade de fixar e acumular nutrientes dispersos na atmosfera, principalmente o nitrogênio. Absorvem e retêm elementos radioativos, íons metálicos, dentre outros poluentes, possibilitando sua utilização como indicadores e monitores biológicos da poluição atmosférica (Nieboer, 1972; Seaward, 1977).

De acordo com Seaward (1993), os líquens são encontrados em todas as regiões do mundo e, em áreas com fortes alterações climáticas. Apesar de se adaptarem em diferentes ecossistemas, são muito sensíveis à poluição do ar e, utilizados como biomonitores por não apresentarem sistema radicular, assim como não apresentam cutícula ou a possuem em forma reduzida, permitindo uma maior absorção dos poluentes encontrados na atmosfera (Pilegaard, 1978).

Dentro da química ambiental, o biomonitoramento é uma das técnicas mais utilizadas na atualidade. Os biomonitores apresentam alta capacidade de acúmulo, já que a acumulação dos poluentes inicia-se em baixa concentração e crescem exponencialmente, mantendo-se estável depois de um certo nível de saturação. Os biomonitores devem ser utilizados levando em consideração a sua capacidade de responder às variações ambientais, necessitando de alguns requisitos quanto ao seu uso, ou seja, estar em quantidades suficientes para ensaios biológicos e químicos, identificáveis com facilidade, e existirem em outras áreas para que haja uma possível comparação (Markert, 1993).

As técnicas de monitoramento ambiental utilizam métodos que mensuram parâmetros físico-químicos. Entretanto, não conseguem avaliar situações imprevistas que acontecem no ambiente natural. Já os bioindicadores são sensíveis a essas variações. Árvores, líquens e musgos são bioindicadores passivos utilizados para detectar os efeitos de poluentes e as concentrações aos quais estavam expostos (Falla et al., 2000 *apud* Silva, 2002).

Os biomonitores podem ser referidos como passivos, quando são encontrados na área de estudo, e vão refletir a exposição em longo prazo; os ativos são aqueles que foram transplantados do seu local de origem para a área em questão (Le Blanc & Rao, 1975).

A exemplo desta forma de utilização da micota liquenizada, Vokou et al. (1999) *apud* Silva (2002), analisaram líquens em vinte localidades ao redor de Tessália (Macedônia, norte

da Grécia), no ano de 1987. Após dez anos os autores observaram um empobrecimento da população líquênica, outorgando o fato às mudanças nos índices de poluição do ar.

2.7 Os líquens

Definem-se líquens como organismos simbióticos compostos de um fungo (micobionte) e de uma ou mais algas (fotobionte). Calcula-se que existam 13.500 espécies (aproximadamente 600 gêneros) de fungos liquenizados, o que corresponde a 20% dos fungos conhecidos (Honda et al., 1998). De acordo com os autores, 98% dos fungos líquênicos são Ascomycetos. As algas mais comuns dessas associações são as clorofíceas e destas a mais freqüente é da espécie *Trebouxia*, em torno de 70% dos gêneros de líquens. Ainda ocorrem as espécies de *Coccomyxa* e *Trentepohlia*. Entre as cianofíceas, as mais comuns são a *Nostoc* e *Scytonema*.

2.7.1 Histórico

Os líquens são organismos conhecidos desde a antiguidade, quando foram encontrados em um vaso de 18 a. dinastia egípcia (1700 a 1600 a.C), um fragmento de líquen identificado como *Evenia furfuracea*, espécie que não ocorre naquela região (Abraham & Florey, 1949).

Na medicina esses organismos também eram utilizados como medicamentos. Dioscorides, cirurgião grego do exército de Nero, determinou a terminologia “Líquens Verdadeiros” para os que se enquadrassem na “doutrina dos sinais”, isto é, seu uso estaria de acordo com a semelhança que tivesse com a enfermidade, ou órgão afetado. Por exemplo, os longos filamentos da *Usnea barbata* eram usados para fortalecer os cabelos; a *Lobaria pulmonária*, por apresentar uma superfície reticulada, era utilizada para afecções do pulmão; a *Xanthoria parietina*, por ter uma cor amarelada, era indicada para a cura da icterícia; e, *Peltigera aphtosa*, cujo talo é dotado de verrugas, era indicado para problemas como afta e estomatite (Abraham & Florey, 1949 *apud* Pereira 2000).

Com Tournefort (1694 – 98) inicia-se um estudo dos líquens com uma visão botânica, visando evidenciar suas estruturas, entretanto não distinguindo os mesmos dos fungos. Michele em 1729, utilizou o termo “leichen”, que provém do grego significando planta rasteira ou lambechão, entretanto descreve seus apotécios como receptáculos florais. Em 1868, Schwendener refere-o como vegetal e, em 1890, Beijerinke descreve a combinação alga/fungo, concluindo haver um parasitismo do fungo sobre a alga. Na atualidade aceita-se a teoria de Reinke, que estabelece uma relação simbiótica entre os componentes participantes, isto

é, o micobionte (fungo) e o fotobionte (alga), entretanto não se chegou a um consenso em relação à definição de líquen (Pereira, 2000).

Na Reunião Geral da *International Association for Lichenology* (IAL), realizada na Austrália, em 1981, foram propostas algumas definições formais para líquens, a saber:

- Um líquen é uma associação de um fungo e um simbionte fotossintético, resultando em talos estáveis de ultra-estrutura específica (Proposta pelo Comitê de Terminologia da IAL).
- Um líquen é uma associação de fungo e alga, ou cianobactéria, ou ambas, resultando em uma estrutura estável (A. L. Huber e D. K. Kidbey, Dept^o of Soil Science and Plant Nutrition University of Western Australia).
- Líquen é um fungo especializado dominando uma associação simbiótica estável com uma alga, na qual os dois simbiontes formam um único talo com estrutura peculiar (W. Tiang-Chun, Institute of Microbiology, Peking).

Das definições referidas, todas apresentam uma característica em comum: o líquen é uma associação estável alga/fungo (Pereira, 2000).

De acordo com o Código Internacional de Nomenclatura Botânica, a definição taxonômica leva em consideração o fungo liquênico (Pereira, 2000).

Os líquens estão classificados dentro do Reino Fungi, designados como Mycophycophyta, onde Myco = fungo; Phyco = alga; Phyta = planta (Margulis & Schwartz, 2001).

2.7.2 Fisiologia dos líquens

A relação simbiótica existente entre os líquens permite que os componentes da associação troquem benefícios mútuos, transferindo nutrientes e produtos da fotossíntese. O fungo requer altos teores de açúcares, elaborados fotossinteticamente pela alga, para derivar biotroficamente seus carboidratos (Hale, Jr. 1983; Nash, 1996).

Os líquens desenvolvem um metabolismo primário onde a alga, através da fotossíntese, produz um carboidrato específico, que é transferido ao fungo em quantidade suficiente para transformação e reserva. Neste processo gera-se um poliol, proveniente da alga, por ex: as do gênero *Trebouxia* geram ribitol, *Hyalococcus*, sorbitol e *Trentepohlia*, o eritritol. As cianobactérias produzem glicose. O fungo é capaz de quebrar moléculas grandes, devido a sua grande capacidade enzimática.

A transferência de açúcar é tão característica na relação alga/fungo que cessa quando ocorre a separação da alga do talo liquênico (Mac Farlane & Kershaw, 1984).

Segundo Hale-Jr (1983) e Nash (1996), a parede celular do fotobionte é muito mais permeável para perda de carboidratos, quando em comparação com a da alga em estado de vida livre, ou seja, não liquenizada.

A fixação de nitrogênio pelos líquens é característica das espécies que possuem cianobactérias como único fotobionte, ou quando vem em associação com mais duas, três ou quatro outras algas. Neste processo, o fotobionte proporciona elevados teores de carbono necessários para o acúmulo de poliois e crescimento do micobionte. Este açúcar facilita a reidratação do talo, após longo período de ressecamento (Nash, 1996). Mac Farlane & Kershaw (1984) referem ainda a glicose como importante componente no equilíbrio de carboidratos e, no processo de transferência de produtos entre alga e fungo. Posteriormente ela é transformada em manitol, no interior da hifa, que é então armazenado. Hill (1972), sugere um segundo composto, que é hidrolizado extracelularmente para formar a glicose.

Analisando este postulado, e a especificidade alga/poliol, o processo de transferência de carboidrato a partir de um único açúcar precisa ser revisto. Apesar de estudos mais avançados na área dos processos metabólicos liquênicos, ainda existem alguns espaços que precisam ser esclarecidos em relação às etapas do metabolismo (Silva, 2002).

2.7.3 Substâncias liquênicas

Segundo Culberson et al. (1977) e Nash (1996), os produtos do metabolismo primário – açúcares, são processados e, em metabolismo secundário, são produzidas as substâncias liquênicas, únicas neste taxon.

Cerca de quinhentos e cinquenta produtos naturais são reportados para os líquens, dos quais trezentos e cinquenta são metabólitos secundários. As substâncias liquênicas, anteriormente chamadas de “ácidos liquênicos”, são constituídas por compostos fenólicos, dentre eles os ácidos alifáticos, para e meta depsídeos, depsidonas, benzil ésteres, dibenzofuranos, ácidos úsnicos, xantonas, antraquinonas, terpenóides, e derivados do ácido pulvínico. No interior do talo, tomam forma cristalina e são extracelulares, depositados sobre as hifas do micobionte. Este fato confere ao líquen enorme capacidade de adaptar-se às adversidades, já que esses cristais funcionam como fotorreceptores e/ou fotoindutores, selecionando o tipo de radiação que a eles seja conveniente. Os fenóis liquênicos, acumulados sobre as hifas do córtex superior participam do mecanismo adaptativo de diversas espécies

(Lawrey, 1986). O ácido úsnico, um dos mais freqüentes compostos dos líquens, protege o fotobionte da radiação de baixo comprimento de onda (Rundel, 1987), sendo considerado, inclusive, como recurso energético em casos de estresse nutricional (Vicente et al., 1980).

As substâncias liquênicas são produzidas a partir de três vias de biosíntese: a do acetato polimalonato, a do ácido chiquímico, e a do ácido mevalônico. Na primeira ocorre a formação dos ácidos graxos, depsídeos, depsidonas e dibenzofuranos; na segunda, os pigmentos amarelos (ácidos aromáticos) e na terceira os terpenóides e esteroides. Ainda ocorrem as vias de síntese dos aminoácidos e dos carboidratos, onde há a biossíntese dos sacarídeos e poliois. Outrossim, a maioria dos metabólitos secundários, possuem origem biossintética via ácido chiquímico e acetato polimalonato, perfazendo cerca de 10% do peso total do talo seco (Hale-Jr, 1983; Xavier-Filho, 1989; Nash, 1996).

As substâncias liquênicas têm local específico no interior do líquen para sua produção. Algumas são de origem medular, outras corticais. A localização pode ser ainda mais restrita, como apotécios, sorédios ou himênio. Isto depende sobremaneira da natureza do fotobionte (Hale-Jr, 1983; Nash, 1996) e, provavelmente, está relacionada a fatores de co-adaptação às peculiaridades do ambiente (Reyes et al. 1994).

Além dos compostos hidrófobos, são também produzidas substâncias hidrossolúveis, como polissacarídeos liquênicos, além de vários outros produtos também encontrados em organismos vivos, como animais e plantas superiores (Culberson, 1970; Culberson et al., 1977).

2.7.4 Os líquens e o biomonitoramento

Por terem relação com a qualidade do ar, absorverem e reterem os nutrientes e poluentes presentes na atmosfera, os líquens são considerados como biomonitores padrão em diversos países da Europa, Canadá e Japão (Seward, 1977, Nash, 1996).

Em 1967, o Conselho Ambiental da Europa, definiu poluição do ar da seguinte forma: *“Existe poluição do ar quando a presença de uma substância estranha ou a variação significativa na proporção dos seus constituintes é suscetível de provocar efeitos prejudiciais ou originar doenças, tendo em conta o estado dos conhecimentos científicos do momento* (Branco & Murgel, 1995).

De acordo com Le Blanc & Rao (1975), os métodos utilizados para se estudarem os efeitos da poluição do ar sobre os líquens, têm sido fitossociológicos e ecofisiológicos. Com estas metodologias é possível fazer uma relação entre a presença ou ausência de espécies de

liquens, seu número, frequência de cobertura, danos externos e internos, dentre outros parâmetros, com o grau de poluição da área em estudo.

Os experimentos podem ser realizados com espécies ocorrentes na localidade, ou por meio de transplantes de áreas sem poluição. Neste contexto, Carreras et al. (1998) transplantaram amostra de *Usnea sp.* para cinco regiões distintas de controle na cidade de Córdoba (Argentina) com diferentes índices de poluição industrial e por automotores. Estudando os níveis de pigmentos, os autores observaram que os níveis de clorofila foram afetados pelos poluentes. Pereira (2000) considerou o valor dos liquens no monitoramento de poluição do ar, devido a duas características: sua sensibilidade aos poluentes pode ser constatada através do seu metabolismo fisiológico; analisando-se o talo liquênico pode-se precisar a carga de poluição a que estiverem submetidos.

Krapivin & Phillips (2001, *apud* Silva, 2002) estudaram os poluentes na bacia Ártica e verificaram existir uma interação entre o ecossistema ártico e o sistema água-clima-biosfera. Dessa forma, foi possível observar os impactos antrópicos no continente eurasiático sobre o ecossistema ártico. Sabendo-se da presença de poluentes transportados pelas correntes aéreas e marinhas é possível avaliar a existência de metais pesados e outros poluentes também nos ecossistemas antárticos.

Krishna et al. (2003) estudaram a poluição por mercúrio, próximo a uma fábrica de termômetro, usando espécie de *Parmelia sulcata* como biomonitor ambiental. A área estudada encontra-se a 2120 m acima do nível do mar numa região ao sul da Índia. Os resultados das concentrações de mercúrio nas amostras localizadas em 12 posições diferentes em relação à emissão, mostraram uma baixa de mercúrio nas amostras localizadas 20 km mais afastadas da fábrica. Segundo os autores como esses valores não estavam disponíveis antes da instalação da fábrica, não se sabe com certeza se essa concentração se deve ou não à instalação da indústria.

O interesse de alguns governos europeus sobre uma série de casos de leucemia em militares que serviram nos Bálcãs, originou uma pesquisa visando determinar o impacto ambiental e o risco de contaminação ambiental e à saúde em consequência ao uso de urânio esgotado (DU) durante conflito de Kosovo, em 1999 (Loppi et al. 2003). A referida pesquisa utilizou *Pseudevernia furfuracea*, *Evenia prunastri*, *Ramalina fastigiata* e *Cetraria islandica* como biomonitores. Segundo os autores, as concentrações médias de urânio encontradas nos liquens estavam abaixo dos níveis encontrados nos liquens coletados em áreas naturais de urânio. De acordo com estes resultados, os autores concluem que o conflito de 1999 não levou à contaminação na região dos Bálcãs.

Gombert et al. (2002) estudaram a correlação entre a concentração de nitrogênio e a densidade do tráfego em uma área urbana em Grenoble – França. Utilizaram como biomonitoradores a espécie nitrofítica *Physcia adscendens* e a acidofítica *Hypogymnia physodes*. Os líquens foram expostos em 48 pontos escolhidos aleatoriamente, ao longo das estradas, em torno de Grenoble. Conforme os autores a concentração de nitrogênio foi elevada na espécie nitrofítica *P. adscendens*, não sendo alterada na espécie acidofítica *H. physodes*. Os pontos onde houve maior acúmulo pelo líquen foram em áreas caracterizadas por tráfego intenso. Concluíram os autores que as correlações positivas significativas foram encontradas em regiões com elevado índice de tráfego e aumento na concentração de nitrogênio na espécie *P. adscendens*.

Garty et al. (2002) analisaram a qualidade do ar em torno de uma estação elétrica em Israel, cujo combustível é o carvão de pedra. Como biomonitor utilizou o líquen *Ramalina lacera*. O objetivo do referido estudo foi observar os parâmetros fisiológicos diante de uma situação de estresse. Foram analisados os potenciais fotossintéticos, produção de etileno e a condutividade elétrica, assim como os níveis de poluentes encontrados nos líquens. Após a análise, concluíram que as amostras próximas aos pontos de emissão apresentaram um maior índice de elementos poluentes. O rendimento fotossintético não sofreu alteração, a condutividade elétrica que expressa a integridade da membrana foi mais elevada nas regiões próximas à estação, enquanto a produção de etileno apresentou-se elevada coincidindo com os altos níveis de S, Pb, Ni, V, Cr, Cu e Ba. A espécie, como sensor ambiental, é evidenciada através dos danos fisiológicos, coincidindo com a acumulação de certos elementos, incluindo metais pesados e enxofre.

No Nordeste Pernambucano pesquisa referente a este tema tem adquirido vulto importante para área em estudo. Legaz et al. (1986) relatam que *Cladonia verticillaris*, quando exposta a radiações solares de diferentes intensidades, apresentam teores diferenciados de pigmentos e fenóis liquênicos. Pereira (1989) observou, em diversas espécies de Cladoniaceae, maiores teores de compostos biologicamente ativos durante o verão em amostras provenientes de tabuleiros arenosos da Paraíba.

Nas cidades do Recife, Poção, Garanhuns e no Campus da UFPE, foram realizados estudos utilizando biomonitoradores passivos (que existem na área estudada) para medir a poluição atmosférica, sendo analisados os teores de pigmentos desses organismos.

Na cidade do Recife, o estudo através da quantificação de pigmentos, detectou efeitos precoces da poluição sobre os líquens, enquanto os danos mais perceptíveis (necrose,

desaparecimento das espécies mais sensíveis, etc) não eram ainda evidentes (Pereira et al., 1994; Mota-Filho et al., 2003).

Com a finalidade de melhoria da técnica, e aprimoramento na interpretação de dados, visando o comportamento fisiológico dos líquens diante de situações adversas, assim como em diferentes ambientes daqueles países de origem dos métodos empregados, como a existência de espécies distintas, iniciou-se um levantamento no Campus da Universidade Federal de Pernambuco. Com a mudança no roteiro do trânsito no Campus da UFPE, que passou também a apresentar um movimento mais intenso, detectou-se que as agressões macroscópicas aos talos liquênicos ainda não eram reveladas, enquanto que a desordem fisiológica já era evidente (Cárceres et al., 1995; Chen et al., 1995; Losada et. al., 1995a).

Losada et al. (1995b) avaliaram quantitativa e qualitativamente os fenóis corticais e medulares de *Leptogium sp* e *Parmotrema praesorediosum* da UFPE, comparando os resultados em relação à localização das amostras, isto é, em pontos com diferentes níveis de poluição.

Continuando com a adequação da metodologia, ainda no Campus da UFPE, para observação mais detalhada da ação dos poluentes atmosféricos sobre os líquens, foram utilizados biomonitores ativos, que são transplantados de áreas com pouco ou nenhum estresse de poluição, para as áreas em estudo. Após seis meses de observação a *Cladonia verticillaris* foi a que melhor respondeu aos experimentos. Sendo assim, essa espécie liquênica foi utilizada na etapa seguinte do trabalho, que consistiu no seu transplante para pontos de monitoramento mecânico da Companhia Pernambucana de Meio Ambiente – CPRH, situados na parte central do Recife, e pontos da Região Metropolitana. Ao término de seis meses, foi observada a correlação entre as variações metabólicas do biomonitor com picos de certos poluentes e, um restabelecimento de suas funções provenientes de uma melhor qualidade do ar devido a chuvas que lavaram o talo liquênico, retirando assim os poluentes depositados em sua superfície (Cáceres et al., 1996).

No perímetro urbano de Garanhuns, observou-se um elevado desequilíbrio fisiológico do líquen, com alterações nos teores de clorofila e feofitina. No ponto afastado do centro da cidade, em maior altitude, foram verificados níveis de feofitina maiores do que o esperado. A explicação para este fato é que a referida área é local de romaria, com velas sempre acesas e transporte de fumaças, proveniente de queimadas provocadas por agricultores (Vieira et al., 1995).

Em Poção foram observados parâmetros de influência semelhantes a Garanhuns, isto é, área de romaria. Já no local da nascente do rio Capibaribe, sem tráfego de automóveis, as

espécies apresentaram diferença em relação ao local do substrato. As saxícolas, próximas à lavoura, sofreram atuação de compostos nitrogenados provenientes de adubos orgânicos; enquanto as corticícolas seguiram o comportamento padrão (Mota-Filho et al., 1995).

Pontes (2001) *apud* Silva (2002) estudando o Bairro da Várzea, situado a oeste do Recife, com biomonitores passivos, detectou pontos mais críticos, e outros menos atingidos, construindo assim mapas temáticos com os referidos dados. A região estudada tem uma boa qualidade do ar, principalmente nos locais arborizados.

Silva (2002) analisou a qualidade do ar em Jaboatão dos Guararapes – PE, Região Metropolitana do Recife, cidade com influência direta de emissões veiculares e industriais, fontes de poluentes atmosféricos. O objetivo do trabalho foi analisar as concentrações de metais pesados após a exposição de *C. verticillaris*, transplantada para dois pontos de monitoramento mecânico da CPRH (Estação Metrô e CHESF), no distrito de Jaboatão. Após análise do biomonitor, concluiu-se que a *C. verticillaris* apresentou bioacumulação dos elementos analisados nos pontos em questão.

De acordo com a literatura vigente, a importância do biomonitoramento com líquens tem alcançado resultados satisfatórios na mensuração da poluição atmosférica.

2.8 Hipóteses que nortearam este trabalho

Os estudos ambientais têm demonstrado cada vez mais a ação antrópica sobre os ecossistemas. Historicamente as investigações de estruturação dos indicadores ambientais, possuem várias abordagens. Por um lado, o conhecimento teórico tem permitido a elaboração de teorias capazes de trabalhar com sistemas mais complexos, mas por outro lado, o instrumental tecnológico disponibilizado para conhecimento da natureza tem propiciado o acesso, praticamente em tempo real, a uma quantidade exorbitante de informações em escala global. Da mesma forma, a maior capacitação tecnológica dos laboratórios, e utilização de instrumentos cada vez mais sofisticados contribui para reconhecer e modelar as relações causais entre as atividades humanas e seus efeitos na matriz dos recursos naturais (Bollman 2001 *apud* Silva 2002).

Os poluentes do ar podem ser detectados por aparelhos de alta precisão, cujo uso se torna oneroso. No entanto, podem ser usados, com melhor viabilidade, métodos alternativos de bioacumulação, que objetivam quantificar a carga atmosférica, utilizando-se de organismos que acumulam substâncias do meio em estudo; ou de bioindicação onde organismos inferem o grau de carga atmosférica a partir do quadro de degradação (Gutberlet, 1996).

Segundo Fellenberg (1980) e Gutberlet (1996), as vantagens na utilização de organismos vivos, se deve às seguintes possibilidades:

- Analisar as atividades fisiológicas de substâncias nocivas;
- Verificar intoxicações crônicas decorrentes de exposições prolongadas;
- Determinar a ação de um certo poluente, devido a poluição total do ar;
- Realizar os experimentos em grandes áreas, já que os organismos utilizados, apresentam um custo mais baixo do que os monitores mecânicos;
- Não utilização de energia elétrica para a exposição;
- Os resultados obtidos são compatíveis com aqueles apresentados por equipamentos mecânicos.

Levando-se em consideração os altos custos de implantação de centrais de monitoramento que tornaria praticamente inviável a execução da pesquisa, o conhecimento pela literatura da eficiência dos líquens como biomonitores, possibilitou, neste trabalho, propor a utilização da *Cladonia verticillaris* como biomonitor padrão da qualidade do ar através de hipóteses aqui descritas.

Hipótese 1 – sabendo-se da importância da *Cladonia verticillaris* como biomonitor ambiental, espera-se que este organismo determine o grau de poluição em Vertente do Lério – PE.

Hipótese 2 - o líquen utilizado, colocado em pontos estratégicos tomando como referência a localização do emitente e, direção predominante dos ventos, determinará os locais com maior ou menor índice de poluição.

Hipótese 3 – alterações fisiológicas no líquen relacionam os níveis de poluentes nos pontos estudados, correlacionando com aparecimento de doenças do aparelho respiratório.

3. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E QUÍMICA DE *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr.

3. 1 Morfo-ecologia

De acordo com Ahti (1982), os líquens cladoniformes pertencentes à classe dos Discomycetes, apresentam um habitat terrícola, produzindo talos dimórficos e fruticosos. Sua composição química é uniforme, visto que cada seção, família ou gênero, apresentam compostos majoritários, idênticos. A família Cladoniaceae é a mais representativa dentre as incluídas nos líquens cladoniformes.

A família Cladoniaceae pertence a ordem Lecanorales, sendo incluída na classe dos Ascomycetes. As espécies apresentam como fotobionte algas verdes unicelulares (Nash , 1996).

Ecologicamente, as Cladoniaceas apresentam um período sazonal para reprodução. Algumas espécies possuem maturação rápida como a *Cladonia cristatella* do leste da América do Norte, encontrada sempre em estado de fertilidade, o que proporciona uma elevada dispersão por esporos (Ahti,1982).

No gênero *Cladonia* o micobionte está sempre em associação com clorofíceas do gênero *Trebouxia*, ordem Chlorococcales e, em menor proporção, com *Pseudotrebouxia*, da ordem Chlorosarcinales. A associação é considerada tão específica que nenhuma outra alga realiza a liquenização, mesmo em condições laboratoriais (Ahmadjian & Jacobs, 1981).

O talo primário, de maneira geral, é esqualumoso a folhoso. Os apotécios encontrados no gênero *Cladonia* são divididos em seis grupos, de acordo com sua forma. São eles: cornuto, clavado, escifoso, verticilado e furcado (Ahti, 1982; Ahti, 1984).

De acordo com Ahti et al. (1993), a *C. verticillaris* é uma espécie endêmica da costa leste do Brasil, sendo encontrada do Rio Grande do Sul à Paraíba. Apresenta como característica verticilos ao longo do seu talo, com cor branca acinzentada, quando submetida a pouca umidade; quando exposta diretamente ao sol, apresenta-se amarronzada; em períodos de chuva seu talo torna-se mesclado de branco e verde. Possui de 7cm a 12 cm de altura.

Para a realização do experimento foi utilizada *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr., (figura 6), encontrada sobre solo arenoso de uma mancha de cerrado localizada na Serra do Prata, no município de Saloá, Estado de Pernambuco, Mesorregião do Agreste Meridional. O local apresenta um topo plano e corresponde a um brejo de altitude, microclima condicionado pela umidade relativa e a precipitação oculta. Nestas condições deveria ocorrer um bioma semelhante ao da Mata Atlântica Nordeste. Não obstante, devido à presença de Neossolos Quartzarênicos – resultante da decomposição de quartzitos – observam-se também espécies características do cerrado. Por se situar a uma altitude superior a 1000m, além de afastada de

áreas urbanas e rodovias, não apresenta fontes potenciais de poluentes atmosféricos (Mota-Filho et al., 2004).

Recolheu-se o solo, juntamente com os tufo de líquens, para servir de suporte para os experimentos laboratoriais. O material foi reservado à temperatura ambiente, em sacos de papel, aguardando o período da sua utilização.



Figura 6 - *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. em seu ambiente natural

3.2 Química

O estudo químico dos líquens proporciona o conhecimento da sua filogenia e taxonomia. Este proporciona aspectos filogenéticos das Cladoniaceas, assim como de outras famílias, e auxiliam na quimiotaxonomia (Culberson, 1986; Culberson & Culberson, 1970).

Segundo Nash (1996), as raças químicas têm relação com o habitat, e fornecem bases para os estudos genéticos, morfológicos, e de padrões biogeográficos de distribuição, conseqüentemente subsidiando a taxonomia.

Os líquens cladoniformes seguem o padrão do gênero *Cladonia*, no qual prevalecem substâncias da série β -orcinol, além de compostos específicos de alguns gêneros ou espécies. É também possível a separação de gêneros através da química. Depsídeos da série do β -orcinol, exceto atranorina, não são encontrados em espécies de *Cladonia*; já na *Cladina*, estes compostos são freqüentes (Ahti, 1982; 1984).

Cladonia verticillaris possui o ácido fumarprotocetrárico em maior teor, além do ácido protocetrárico e a atranorina (Ahti et al., 1993). A diferença entre os dois ácidos se dá no anel B, que na sua posição meta, em relação ao grupo carboxílico, há uma hidroxila diretamente ligada ao grupo CH_2 , no caso do ácido protocetrárico, enquanto que, na mesma posição, está

um radical derivado do ácido fumárico para a primeira substância referida, conforme figura 7 (Asahiara & Shibata, 1954; Pereira, 1998).

As referidas substâncias são depsídonas, constituídas por duas unidades aromáticas substituídas. Seus cristais, em formato de agulha, apresenta um ponto de fusão em torno de 250°C (Asahina&Shibata, 1954).

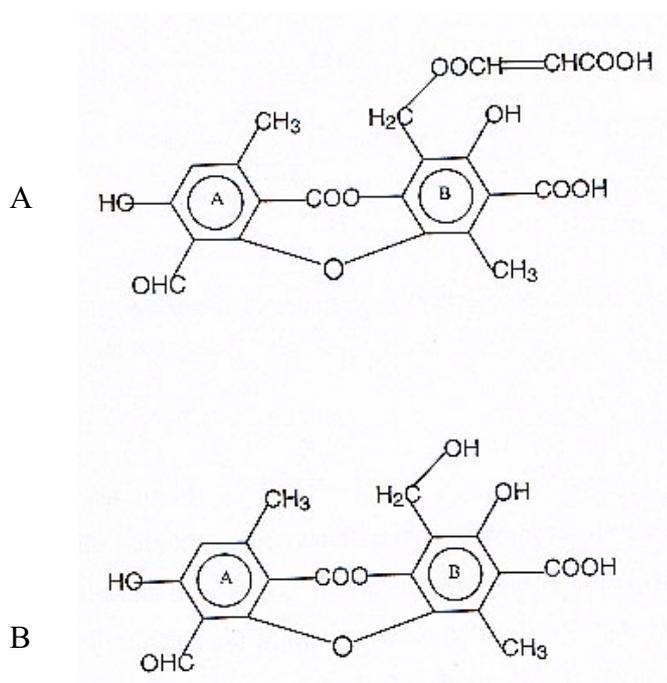


Figura 7: Fórmula estrutural dos ácidos fumarprotocetrárico (A) e protocetrárico (B)

A atranorina é um para depsídeo constituído de duas unidades aromáticas substituídas. Apresentam no anel A duas hidroxilas fenólicas, um grupo metila, e uma função aldeídica, no anel B apresentam dois grupos metila, uma hidroxila fenólica e uma função éster (Figura 8). Possuem cristais incolores prismáticos com ponto de fusão em torno de 196° C (Asahina & Shibata, 1954; Pereira, 1998).

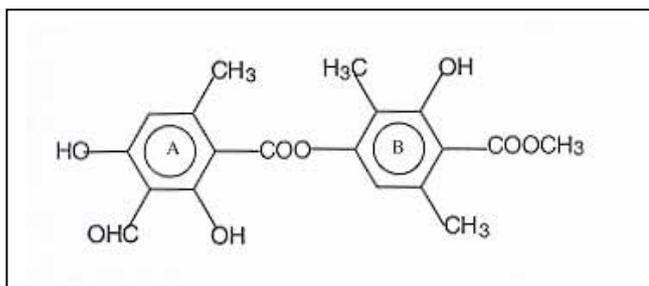


Figura 8 – Fórmula estrutural da atranorina

3.3 Metodologia analítica

Visando observar a resposta de *Cladonia verticillaris*, como biomonitor ativo, foram transplantados tufos do líquen de uma mancha de cerrado situada na Serra da Prata, no município de Saloá – PE, para a cidade de Vertente do Lério, localizado na Microrregião do Alto Capibaribe, integrante da Mesorregião do Agreste Setentrional do Estado de Pernambuco, permanecendo exposto às agressões ambientais por um período de sete meses, em pontos de emissão de material particulado proveniente da mineração e indústrias de beneficiamento de calcário. Objetivando monitorar fisiologicamente a resposta líquênica foram coletadas amostras nos meses de junho a dezembro de 2004.

Os métodos usados para determinar os efeitos dos poluentes sobre a produção dos metabólitos da *C. verticillaris* foram o de cromatografias em camada delgada (CCD) e líquida de alta eficiência (CLAE). Para a primeira os extratos orgânicos foram extraídos utilizando éter, clorofórmio e acetona, sendo evaporados à temperatura ambiente ($28 \pm 3^\circ \text{C}$) e colocados em cromatoplasmas de sílica gel juntamente com padrões de atranorina (ATR) e do ácido fumaprotocetrárico (FUM), depois de desenvolvidos em um sistema unidimensional de solvente A (tolueno: dioxano: ácido acético, 180:45:5, v/v), de acordo com Culberson (1972). Com a evaporação dos solventes, a placa foi revelada sob luz UV 254nm e 266nm sendo pulverizada com H_2SO_4 a 10%, e colocada em estufa a 100°C por 1h, para reação de coloração das bandas.

Posteriormente, foi utilizada a técnica de CLAE. Nela, os extratos e padrões utilizados para CCD foram dissolvidos em metanol, respectivamente em concentrações de 1mg/mL e, 0,1mg/mL, e injetados em cromatógrafo líquido, acoplado a um detector de ultravioleta a 254nm. A interpretação dos cromatogramas foi realizada de acordo com o tempo de retenção

das substâncias na coluna, de acordo com a área de pico que determinou a concentração no extrato de cada substância líquênica, e comparação com os padrões de ATR e FUM.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 Vertente do Lério – Pernambuco

4.1.1 Histórico

A origem do nome de Vertente do Lério se deve ao fato da existência de uma Vertente de água salobra, que era a salvação da população local na época de seca. Neste local, um homem de nome Lério constrói sua casa próxima a Vertente, mantendo-a limpa e ajudando os caminhantes que a buscava. Em uma caravana de ciganos, uma jovem apaixonou-se por Lério e, sendo correspondida, casaram-se construindo seu lar no referido local. Por volta de 1880, ocorreu uma grande seca na região e as pessoas vinham de quilômetros de distância para buscar água na “Vertente do Lério”, sendo assim instituído o nome do futuro município (Pessoa, 1997).

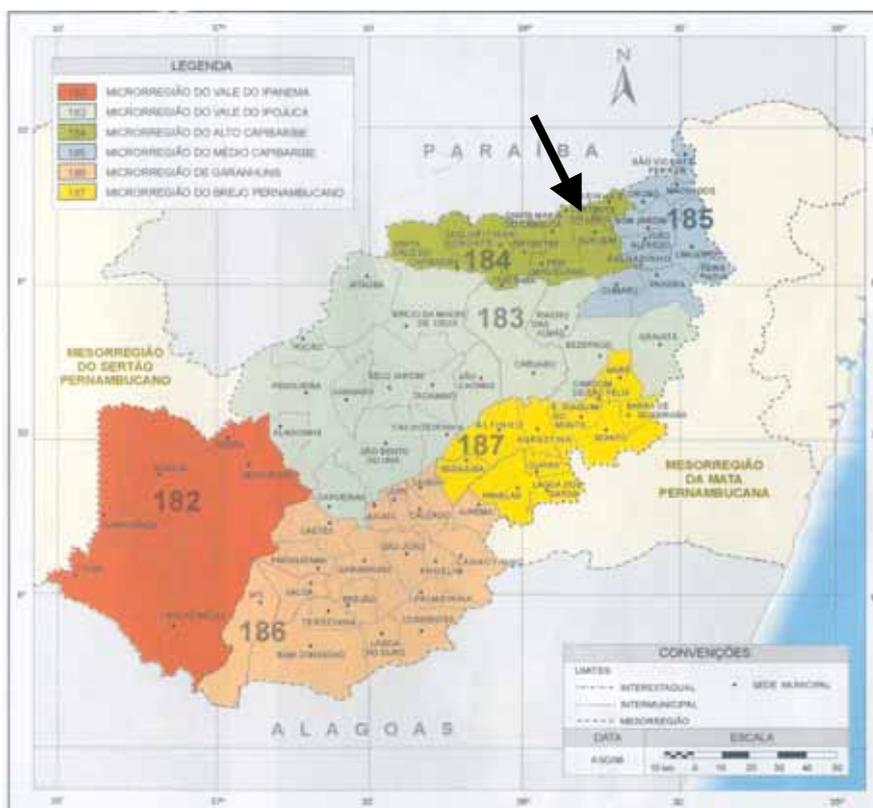


Figura 9 - Mapa de Pernambuco com indicativo da localização de Vertente do Lério (PE).

4.1.2 Localização

O Município de Vertente do Lério (Figura 9) foi criado sob o Decreto-Lei 10.622, de 01 de Outubro de 1991, sendo desmembrado do Município de Surubim. É formado pelos distritos de Tambor, Mata Virgem, Pedregulho e Gancho do Galo, os povoados de Carão e Sítio Gambar.

O Município em estudo está localizado na Microrregião do Alto Capibaribe, integrante da Mesorregião do Agreste Setentrional do Estado de Pernambuco. Possui como limites: ao Norte, Umbuzeiro – PB; ao Sul e Sudeste, Surubim – PE; ao Leste, Casinhas – PE e ao Oeste e Sudoeste, Santa Cecília – PB e Santa Maria do Cambucá – PE.

O Agreste Pernambucano possui uma área de 24.000 km², referente a 24, 58% da superfície do Estado e dele, o Município de Vertente do Lério, apresenta uma área de 120 km², correspondendo a 0,4% do Estado. O município em estudo encontra-se distante da Capital Pernambucana 139 km.

4.1.3 Clima

De acordo com Andrade & Caldas Lins (1992) a área caracteriza-se por um clima do tipo BShs' (semi-árido), com temperaturas médias por volta de 23°C e 24°C. Apresenta chuvas de outono-inverno (nos meses de março a julho), com um índice pluviométrico da ordem de 550mm anuais.

4.1.4 Vegetação

As condições climáticas, com um predomínio de um clima semi-árido, têm como resposta uma vegetação típica de caatinga hipoxerófila (SUDENE, 1972).

4.1.5 Solo

Na área do município são encontradas associações de solo segundo SUDENE (1972) do tipo:

PL1 – Planossolo solódico com horizonte A fraco, com relevo suave ondulado.

Re9 – Associação complexa de solos litólicos eutróficos com horizonte A fraco, textura arenosa e/ou média pedregosa e rochosa. Relevo forte ondulado a montanhoso e afloramentos rochosos.

V1 – Vertissolos influenciado pelos depósitos calcários, com relevo ondulado.

4.1.6 Hidrografia

O município é banhado apenas pelo rio Cai-Aí, que nasce no município de Santa Maria do Cambucá. Fazendo parte da sua hidrografia, existem os riachos Balança e Pitombeiras, dentre outros de menor porte, proporcionando acesso à população (Pessoa, 1997).

4.1.7 Aspectos socioeconômico e cultural

De acordo com o Censo Demográfico 2000 – IBGE, Vertente do Lério possui uma população residente de 8.536 habitantes, sendo 1.508 da área urbana e 7.028 da área rural (www.ibge.gov.br acessado em 11 de dezembro de 2003).

O município possui uma extensão de 120 km², caracterizada por uma população com religião predominantemente católica, possuindo como padroeira Nossa Senhora das Vitórias. Sua economia baseia-se no cultivo de feijão, algodão, mandioca e frutas tropicais. Possui na pecuária uma fonte de renda, com a criação de gado bovino, caprino e suíno. O extrativismo mineral e a industrialização do minério apresentam-se como um importante processo econômico. Encontram-se várias indústrias como a AGRICAL, CALCÁRIO RENOVATERRA LTDA, HIPECAL e CALPESA. Existe também uma fábrica de sacos para as embalagens dos produtos industrializados. Esses são de polietileno, sendo adquirido no Pólo Petroquímico de Camaçari-Bahia (Pessoa, 1997).

Pernambuco apresenta uma grande reserva de calcário. O município de Vertente do Lério possui um percentual de 57,58% de todo calcário do Estado, com aproximadamente 1,7 bilhões de toneladas (Folder da Indústria Renova Terra, anexo 1). A importância social do pólo industrial é a absorção de mão de obra do município, gerando empregos para a população local, totalizando um percentual de 98% de funcionários neste setor produtivo (Pessoa, 1997).

4.1.8 Qualidade do ar

Vertente do Lério caracteriza-se por apresentar um percentual significativo de reservas de calcário. A extração do minério se faz de maneira sistemática com utilização da vegetação da caatinga para queima dos fornos de calcinação. Juntamente com o processo de beneficiamento do calcário pelo pólo industrial localizado no referido município, ocorre uma poluição atmosférica devido ao processo de britagem, atingindo fauna, flora e o ambiente construído.

Observou-se em Vertente do Lério uma intensa poluição atmosférica proveniente da calcinação do calcário pela utilização de fornos artesanais e industriais. Concomitante encontra-se, no perímetro urbano, a existência de indústrias que através da britagem eliminam materiais particulados contribuindo assim para um índice elevado deste tipo de material para o ar, como se observa nas figuras 10 e 11.



Figura 10 Pátio de descarrego de uma indústria local – Vertente do Lério – PE
Fonte: Cunha, 2003.



Figura 11 Vista da área urbana da cidade de Vertente do Lério - PE
Fonte: Cunha, 2004

5. TRABALHOS A SEREM SUBMETIDOS À PUBLICAÇÃO

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM VERTENTE DO LÉRIO (PE), USANDO LIQUENS COMO BIOMONITORES ATIVOS

Maria Helena Alves da Cunha²; Eugênia C. Pereira^{3 #}; Nicácio Henrique da Silva⁴; Fernando de O. Mota Filho³; Joelmir Marques da Silva⁵

RESUMO – (Avaliação da Qualidade do Ar em Vertente do Lério (PE), usando líquens como Biomonitor Ativos). Os líquens têm sido utilizados como biomonitores em vários países pela sua eficiência na detecção e quantificação de poluentes atmosféricos. Neste trabalho utilizou-se *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr., com o objetivo de avaliar as alterações fisiológicas existentes após sua exposição permanente de material particulado, resultante de atividades de extração e beneficiamento de calcário em Vertente do Lério, Pernambuco (Brasil). Foram transplantadas amostras de *C. verticillaris* de Saloá – PE, cujo índice de poluição é quase nulo, para a área de estudo. *C. verticillaris* foi exposta ao ambiente no período de maio a dezembro de 2003, tendo sido recolhidas amostras mensais para ensaios. Estas foram analisadas através das Cromatografias de Camada Delgada (CCD) e a Líquida de Alta Eficiência (CLAE). Os resultados evidenciaram variações no metabolismo da espécie, que alterou a produção de sua substância principal, o ácido fumarprotocetrarico, além do acúmulo de produtos intermediários da sua biossíntese. Os efeitos foram mais evidentes nas amostras colocadas mais próximas aos emissores, e/ou nas que estavam em localização a favor da direção predominante dos ventos.

Palavras-chave – biomonitor, líquens, poluição atmosférica, calcário

ABSTRACT: (Evaluation of air quality in Vertente do Lério (PE), using lichens as active biomonitors). Lichens have been used as biomonitors in several countries due to their efficiency on detection and quantification of air pollutants. In this paper *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. was used with the purpose of evaluating its physiologic alterations, after permanent exposition to particulate material, resulted from limestone extraction and transformation activities in Vertente do Lério, Pernambuco (Brazil). Samples of *C. verticillaris* from Saloá (PE), whose pollution index almost null, were transplanted to study area. *C. verticillaris* was exposed to environment up May to December (2003), with monthly collections for assays. They were analysed through thin layer (TLC) and high performance chromatographies (HPLC). The results evidenced variations on species metabolism, that modified the production of its major compound, the fumarprotocetraric acid, besides an accumulation of intermediary products of its biosynthesis. The effects were more evident in samples located nearest of pollutant sources, and/or those ones placed on the predominant wind direction.

Keywords – biomonitors, lichen, air pollution, limestone.

¹ Parte de dissertação de Mestrado da primeira autora

² Curso de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais, Universidade Federal de Pernambuco

³ Departamento de Ciências Geográficas, CFCH, UFPE

⁴ Departamento de Bioquímica, CCB, UFPE

⁵ Aluno de Biologia da Faculdade de Formação de Professores Nazaré da Mata – UPE

Autor a ser endereçado e-mail: arruda@hotlink.com.br

Introdução

A poluição do ar é um dos grandes problemas que acomete hoje a humanidade, com repercussões significativas sobre o meio ambiente e a saúde da população. Os poluentes nele encontrados estão, geralmente, sob a forma de material particulado, que podem ser facilmente absorvidos pelo sistema respiratório do homem.

O material particulado em suspensão (MPS) é um termo utilizado para um grande número de substâncias encontradas no ar. Vasconcelos (1996) apud Almeida (1999), o define como sendo qualquer substância, exceto água pura, que existe no estado sólido ou líquido na atmosfera.

Raven et al. (1995) apud Almeida (1999) apontam como principais causas de fontes primárias de poluentes particulados, os processos industriais, a queima de combustível e o transporte.

Os poluentes particulados atmosféricos podem ser monitorados através de aparelhos físicos ou de organismos vivos – os biomonitores. Os líquens são seres simbióticos, encontrados nas várias regiões do planeta, submetidos a diversos tipos climáticos. São organismos cuja nutrição é higroscópica, não apresenta um sistema radicular de absorção, possuem cutícula reduzida ou inexistente, incorporando facilmente os poluentes circulantes (Pilegaard, 1978). Estes organismos retêm do ar elementos radioativos, íons metálicos, possibilitando assim sua utilização como biomonitor atmosférico (Nieboer, 1972; Seaward, 1977).

Levando-se em consideração as diversas fontes de material particulado que poluem o ar, objetivou-se neste trabalho analisar as alterações fisiológicas ocorridas em *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr., após um período de exposição ao ambiente em áreas com emittentes provenientes de minas e indústrias de calcário, localizadas no município de Vertente do Lério – PE, com a finalidade de avaliar a eficiência da espécie como biomonitor da qualidade ambiental.

Material e métodos

Seleção da área de estudo

O município de Vertente do Lério (fig. 1) localiza-se na Microrregião do Alto Capibaribe, integrante da Mesorregião do Agreste Setentrional do Estado de Pernambuco. O Município encontra-se distante da Capital Pernambucana 139 km, limitando-se ao Norte, Umbuzeiro – PB; ao Sul e Sudeste, Surubim – PE; ao Leste, Casinhas – PE; e ao Oeste e Sudoeste, Santa Cecília – PE e Santa Maria do Cambucá – PE. É caracterizado por um clima semi-árido do tipo BShs'; solos rasos com horizonte "A" fraco, predominando Planosso 55 destacando-se a presença de Vertissolos oriundos da decomposição do calcário; a cobertura vegetal é representada por uma caatinga hipoxerófila.

Apresenta uma área territorial de 120 km², cuja base econômica é a agricultura de subsistência, e o extrativismo mineral com beneficiamento do calcário que assume um importante papel na economia local (Pessoa, 1997).

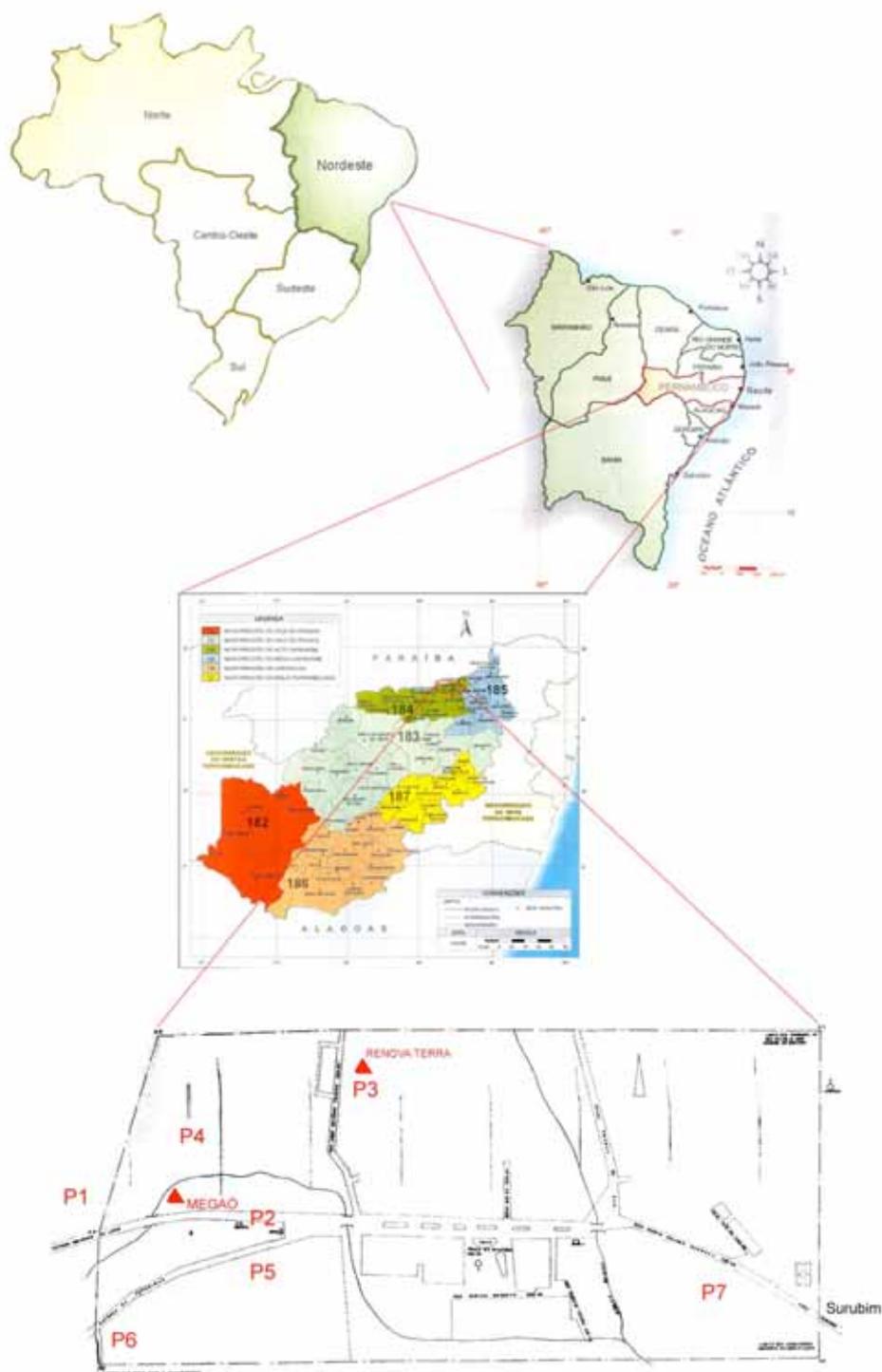


Figura 1 – Mapa do Município de Vertente do Lério, com indicativo dos pontos de coleta.

- **Coleta e armazenamento dos líquens**

Para realização desse trabalho utilizou-se o líquen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. (Figura 2), proveniente de uma área de cerrado localizado na Serra da Prata, município de Saloá – PE. Por se situar a uma altitude superior a 1000 metros e, afastada de áreas urbanas e rodovias, não apresenta fontes potenciais de poluentes atmosféricos (Figura 3).

As amostras foram colocadas à temperatura ambiente ($28 \pm 3^\circ \text{C}$), até realização dos experimentos. Uma parte foi destinada a identificação segundo características morfológicas e químicas do talo, por um dos autores (E. C. Pereira) e depositada no Herbário UFP, da Universidade Federal de Pernambuco.



Figura 2 – *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. no seu ambiente natural



Figura 3 – Serra da Prata - Saloá

- **Montagem dos experimentos**

Os líquens foram transplantados para a área de estudo e acondicionados em sacolas de papel. Amostras do solo ocorrente abaixo dos tufois líquênicos foram coletados para montagem dos experimentos. Nestes o líquem foi colocado em recipientes plásticos recobertos com redes protetoras (Figuras 4 a e 4b).

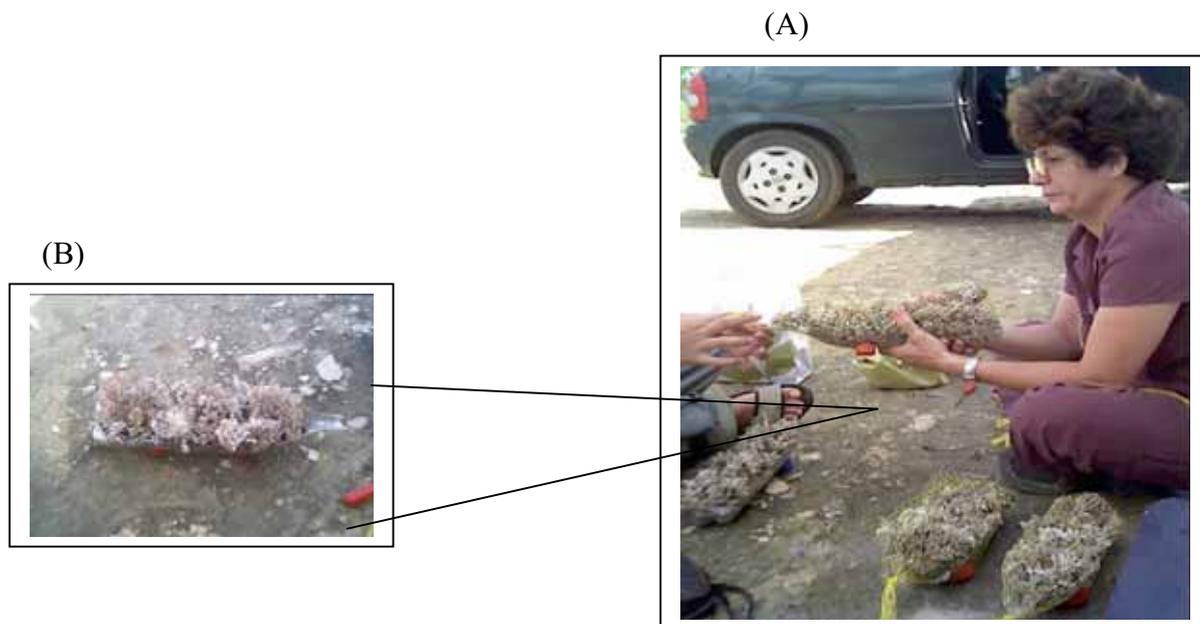


Figura 4 – Montagem dos experimentos (a); detalhe do material exposto (b).

Após essa etapa, o material foi exposto ao ambiente, em um total de sete pontos estratégicos, denominados de P1 a P7, tomando como base o emissor dos poluentes, ou seja, uma das indústrias de beneficiamento de calcário, onde P1 – residência localizada a 1 km desta indústria e próxima a minas; P2 – delegacia localizada à frente de indústria; P3 – ponto dentro do pátio de descarrego da mesma; P4 – residência localizada atrás do ponto de emissão; P5 – sítio localizado a 2 km do emissor; P6 – residência no centro da cidade; P7 – residência fora da cidade (ponto controle). Além da influência do emissor, levou-se também em consideração a direção predominante dos ventos, supondo-se ser a via principal de dispersão dos contaminantes.

A coleta foi realizada mensalmente, iniciada no mês de junho de 2003 com término em dezembro de referido ano, garantindo que as amostras estiveram expostas tanto nos períodos seco como no chuvoso do ano. A cada uma delas retirou-se uma amostra do líquen (5g), que foi encaminhado ao laboratório para extração e análise das substâncias líquênicas produzidas.

- **Ensaio de Cromatografia em Camada Delgada (CCD)**

A CCD foi realizada com extratos orgânicos obtidos a frio com éter etílico, seguido de clorofórmio e uma terceira extração com acetona, evaporados à temperatura ambiente. Estes foram aplicados em cromatoplasmas de sílica gel com padrões de atranorina (ATR) e do ácido fumarprotocetrárico (FUM) sendo, posteriormente, submetidos a um sistema unidimensional de solventes A (tolueno: dioxano: ácido acético, 180: 45: 5 v/v). As placas foram reveladas sob a luz UV curta e longa e, em seguida, pulverizadas com H₂SO₄ a 10% e aquecidas em estufa a 100°C por 1h, para obtenção da coloração das bandas.

- **Ensaio em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE)**

Os extratos orgânicos avaliados por CCD e respectivos padrões foram injetados em cromatógrafo líquido Hitachi, acoplado a detector de ultra-violeta a 254nm, a uma concentração de 1 mg/mL para os extratos e 0,1 mg/mL para os padrões.

Como parâmetro de análise foram usados, coluna de fase reversa C18, fase móvel metanol/ água/ ácido acético (80: 19,5: 0,5, v/v), fluxo 1,0 mL.min⁻¹, pressão 84 atm, atenuação 6, temperatura ambiente (28 ± 3°C), conforme metodologia de Legaz & Vicente (1983).

Os resultados foram avaliados de acordo com o tempo de retenção das substâncias na coluna. As áreas dos picos revelaram a concentração de cada substância nos extratos. Foram usados como padrão o ácido fumarprotocetrárico (FUM) e a atranorina (ATR).

Resultados e discussão

O município de Vertente do Lério com uma extensão territorial de 120 km² pertence a uma região potencialmente rica, devido a existência de jazidas e minas de calcário correspondendo a 57,58% de todo o calcário de estado (Renova Terra). O processo de calcinação e industrialização do calcário emitem para a atmosfera uma quantidade significativa de material particulado (Figuras 5 e 6).



Figura 5- Pátio de descarreto de indústria de calcário em Vertente do Lério – PE.

Fonte – Cunha, 2004.

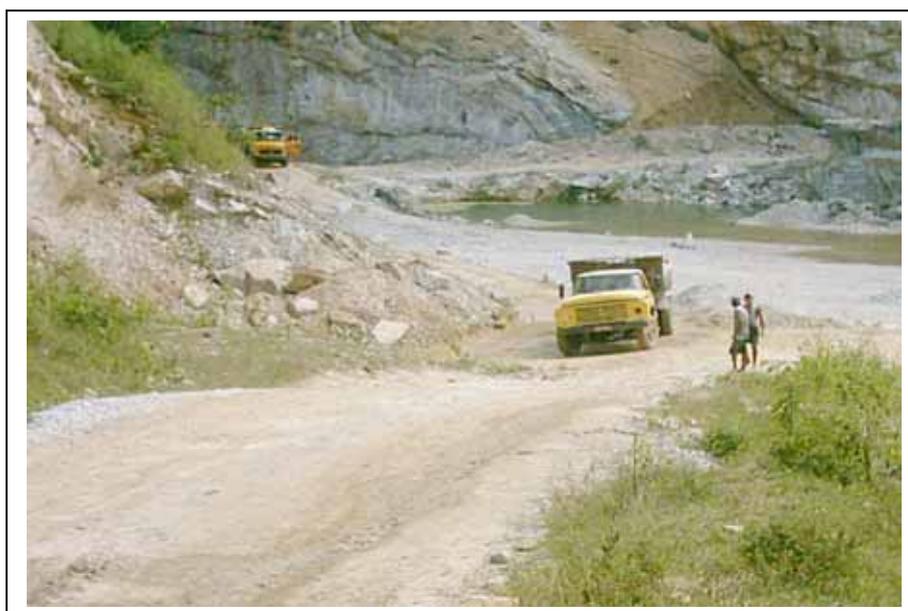


Figura 6 – Mina de calcário em Vertente do Lério - PE

O monitoramento do ar pode ser realizado através da utilização de equipamentos que possuem a capacidade de determinar com precisão as modificações ocorridas no ambiente. Entretanto, a utilização e manutenção desses equipamentos torna-se oneroso, sendo inviável economicamente para realização da mensuração dos poluentes atmosféricos.

A utilização de biomonitores em áreas potencialmente poluídas torna-se um método mais acessível e viável em regiões com baixo poder aquisitivo.

O biomonitoramento ativo (espécies transplantadas) permite o estudo da evolução dos danos estruturais, morfológicos e fisiológicos que os poluentes causam no organismo (Vicente et al. 1994).

Esta metodologia foi utilizada pela primeira vez em Munique por Arnold, no fim do século passado (Barkman, 1958 apud Seaward, 1993), entretanto foi Brodo, que fundamentou a metodologia sobre biomonitoramento ativo, utilizando sua técnica de transplantar partes de casca de árvores possuindo líquens, servindo de embasamento para trabalhos posteriores sobre monitoramento ativo (Brodo 1961; Brodo 1967 apud Seaward 1993).

Outra técnica utilizada é o transplante de líquens envolvidos em malhas de nylon para a área onde se realizará o biomonitoramento do ar (Seaward, 1993).

No Nordeste brasileiro existem estudos direcionados para essa metodologia. Líquens transplantados foram estudados, analisando-se a degradação da clorofila provocada pelos poluentes. Estes transformam o pigmento em feofitina, através da acidificação da célula e retirada do íon magnésio (Mg) existente no centro da estrutura (Cáceres et al. 1996), ou destroem os cloroplastos inibindo a fotossíntese, com prejuízo da produção de carboidratos pelo fotobionte, que o repassa para o micobionte, afetando assim a biossíntese de substâncias majoritárias da espécie, levando à produção de substâncias intermediárias e/ou produtos de degradação (Silva, 2002).

A interferência na produção das substâncias líquênicas promove a desproteção dos líquens contra as agressões externas, e sugere um deslocamento dos fenóis medulares para a região cortical, como um mecanismo de defesa contra os poluentes atmosféricos (Silva, 2002). Pereira et al. (1994) observaram que, através de comparação de fenóis da medula e do córtex de *Parmotrema praesorediosum*, amostras provenientes de locais com poluição, possuíam baixos teores de fenóis corticais, em relação às amostras coletadas de áreas com menor índice de agentes poluentes.

Isto pode ser observado nas análises realizadas nas CCDs dos extratos líquênicos transplantados, que demonstram, de forma qualitativa, que das sete coletas realizadas, as do primeiro mês produziram o ácido fumarprotocetrárico (FUM), composto principal da

espécie, e incrementou a produção de atranorina (ATR), substância produzida em baixo teor por *C. verticillaris*, sob condições naturais (Ahti et al, 1993). Observa-se ainda nas amostras subsequentes a diminuição da substância principal e a produção de compostos intermediárias do metabolismo, assim como, a presença de produtos de degradação. Isto pode ser atribuído tanto ao estresse promovido pelo transplante, como a agressão dos poluentes que devem inibir alguma etapa metabólica para produção do FUM, conforme figura 7.

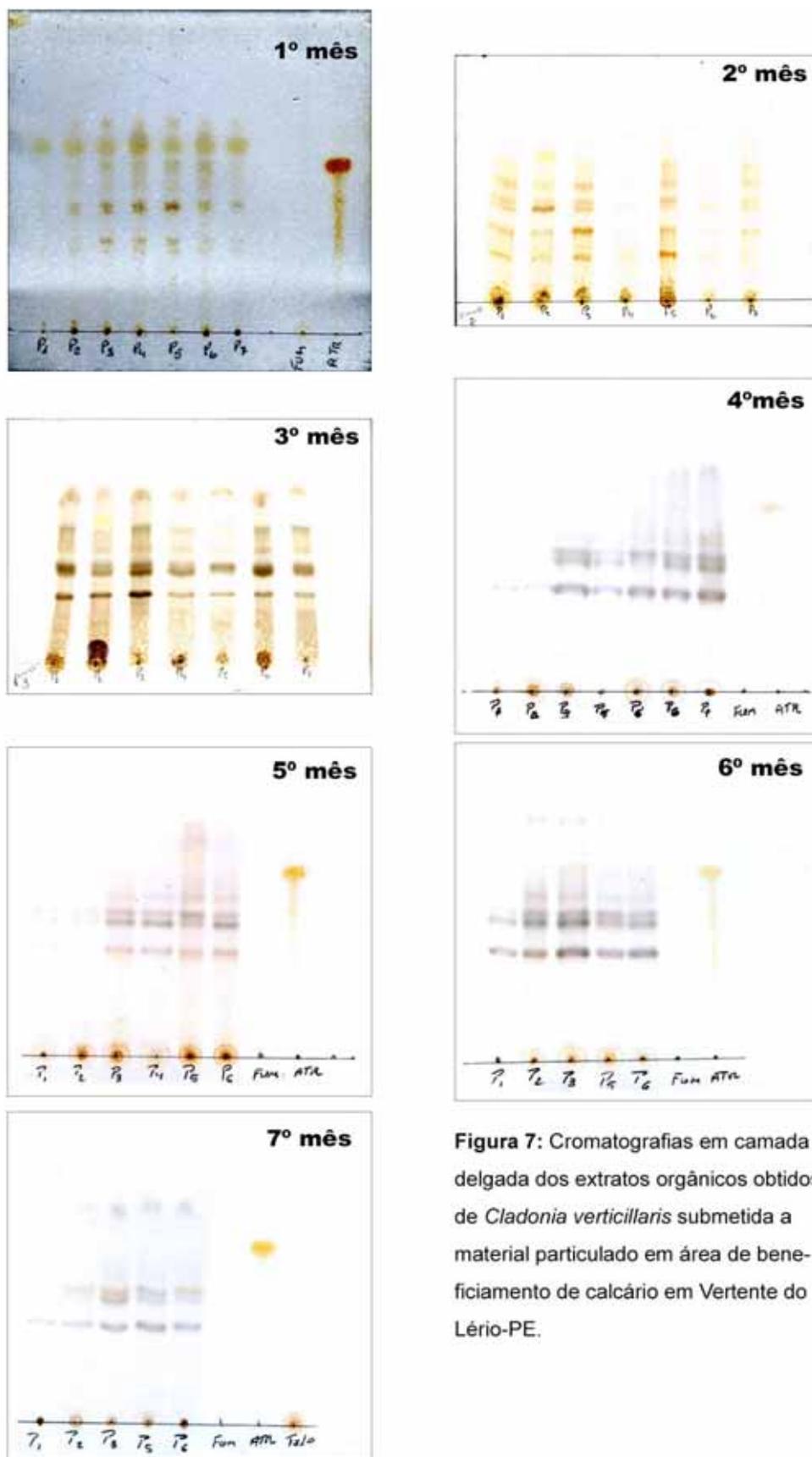


Figura 7: Cromatografias em camada delgada dos extratos orgânicos obtidos de *Cladonia verticillaris* submetida a material particulado em área de beneficiamento de calcário em Vertente do Lério-PE.

Legenda: P1 – residência localizada a 1km da indústria e próxima a minas; P2 – delegacia localizada à frente de indústria; P3 – pátio de descarrego da indústria; P4 – residência localizada atrás de uma indústria; P5 – sítio localizado à 2km do emitente; P6 – residência no centro da cidade; P7 – residência fora da cidade; FUM – Ácido Fumarprotocetrárico; ATR – Atranorina; TALO – extrato acetônico de *C. verticillaris* não submetido a poluentes.

Nas análises em CLAE observou-se o comportamento fisiológico do líquen durante o período de exposição, evidenciando alterações no seu metabolismo com interferência na síntese de seus compostos. Nas figuras 8 a 13 o padrão de produção das substâncias liquênicas determina o grau de agressão verificada nos pontos estudados, onde as amostras da primeira coleta apresentaram boa produção do ácido fumarprotocetrárico, entretanto o ponto 4, localizado atrás de uma das indústrias, produz este metabólito em quantidades menores. No período da segunda coleta, caracterizada por um período de chuvas intensas, todos os pontos apresentam uma boa produção do FUM, com exceção do ponto 3 localizado no pátio de descarrego da indústria, provavelmente por estar em um galpão, onde a chuva não tenha lavado o líquen, impedindo assim uma recuperação do mesmo. Nesta ocasião já são observadas substâncias intermediárias do metabolismo liquênico. A partir do terceiro mês de coleta verifica-se que no ponto 1 o líquen diminui drasticamente sua produção de FUM, alcançando um estágio de colapso quase total, sendo considerado um dos pontos mais agredidos. O ponto 2, no terceiro mês de coleta, apresenta uma queda abrupta na produção de FUM com posterior recuperação e produção de altos teores de atranorina mantendo esse padrão até o último mês, observando-se um bloqueio na produção de FUM, aumento do ácido protocetrárico e atranorina evidenciando o bloqueio na substância principal da espécie. O ponto 3, a partir da terceira coleta, passa a produzir em pequenas quantidades, o FUM, com aumento gradativo das substâncias intermediárias, que no sétimo mês de coleta apresentam-se com altos níveis e desaparecimento do FUM, demonstrando assim alterações significativas na via metabólica. O ponto 4 é considerado um local crítico, já que o líquen entra em colapso nas últimas coletas. Isto justifica-se pelo fato deste ponto localizar-se atrás de uma fábrica na direção dos ventos que carregam os poluentes. No ponto 5, localizado em um sítio a 2km do emitente, observa-se na coleta 3 uma diminuição drástica na produção de substâncias, e posterior aumento nas substâncias intermediárias bloqueando a produção do FUM e aumento

significativo do ácido protocetrárico. O ponto 6, localizado no centro da cidade, o líquen passa a sofrer um processo de colapso com diminuição drástica na produção das substâncias líquênicas, caracterizando um ponto muito agredido. O ponto 7, localizado fora da cidade, considerado o ponto controle, apresentou um comportamento do metabolismo de forma inesperado com colapso total do líquen. Justifica-se esse padrão de comportamento por estar localizado em via de tráfego dos caminhões que transportam o calcário beneficiado que sai das indústrias para ser comercializado.

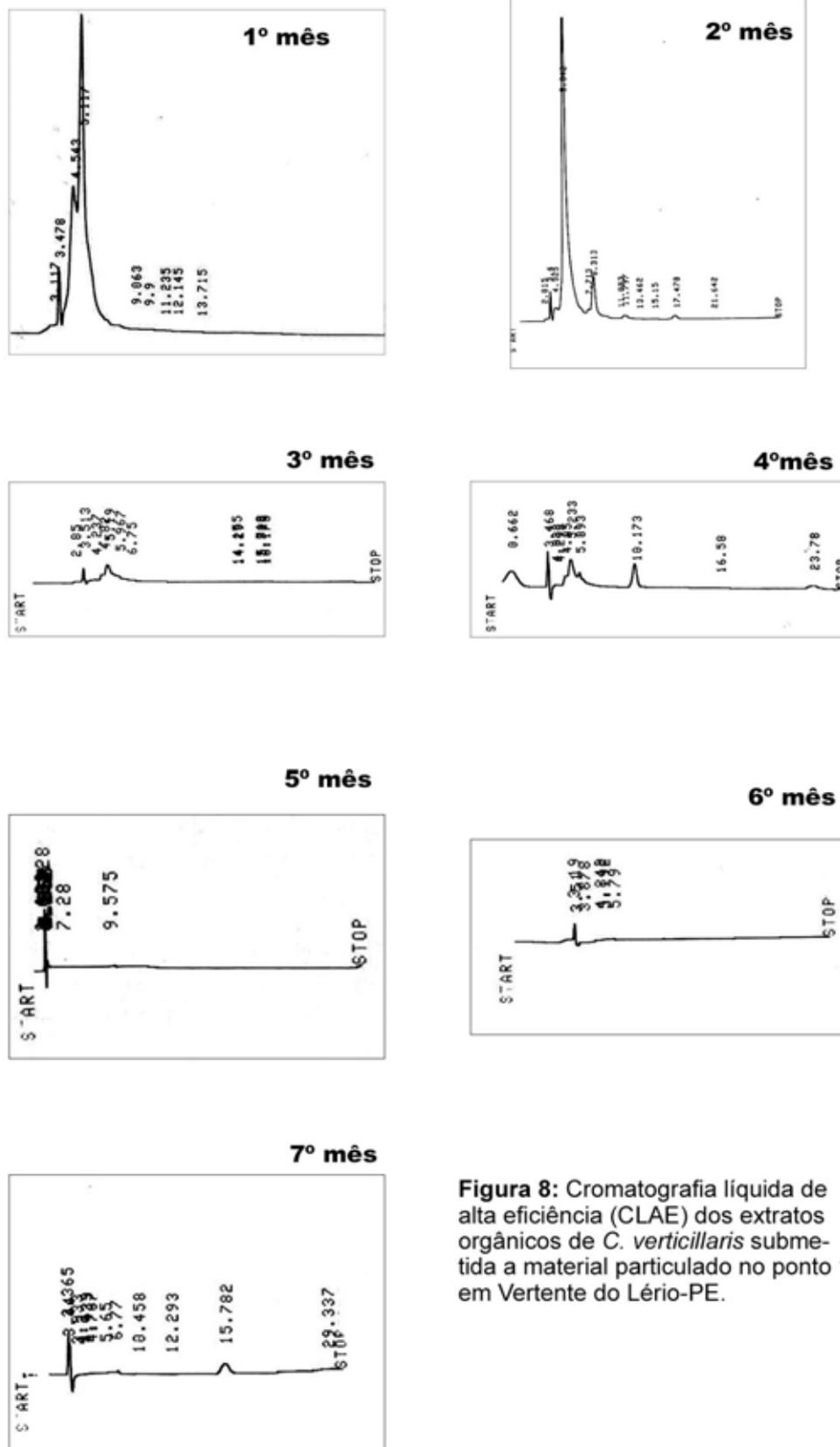


Figura 8: Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 1 em Vertente do Lério-PE.

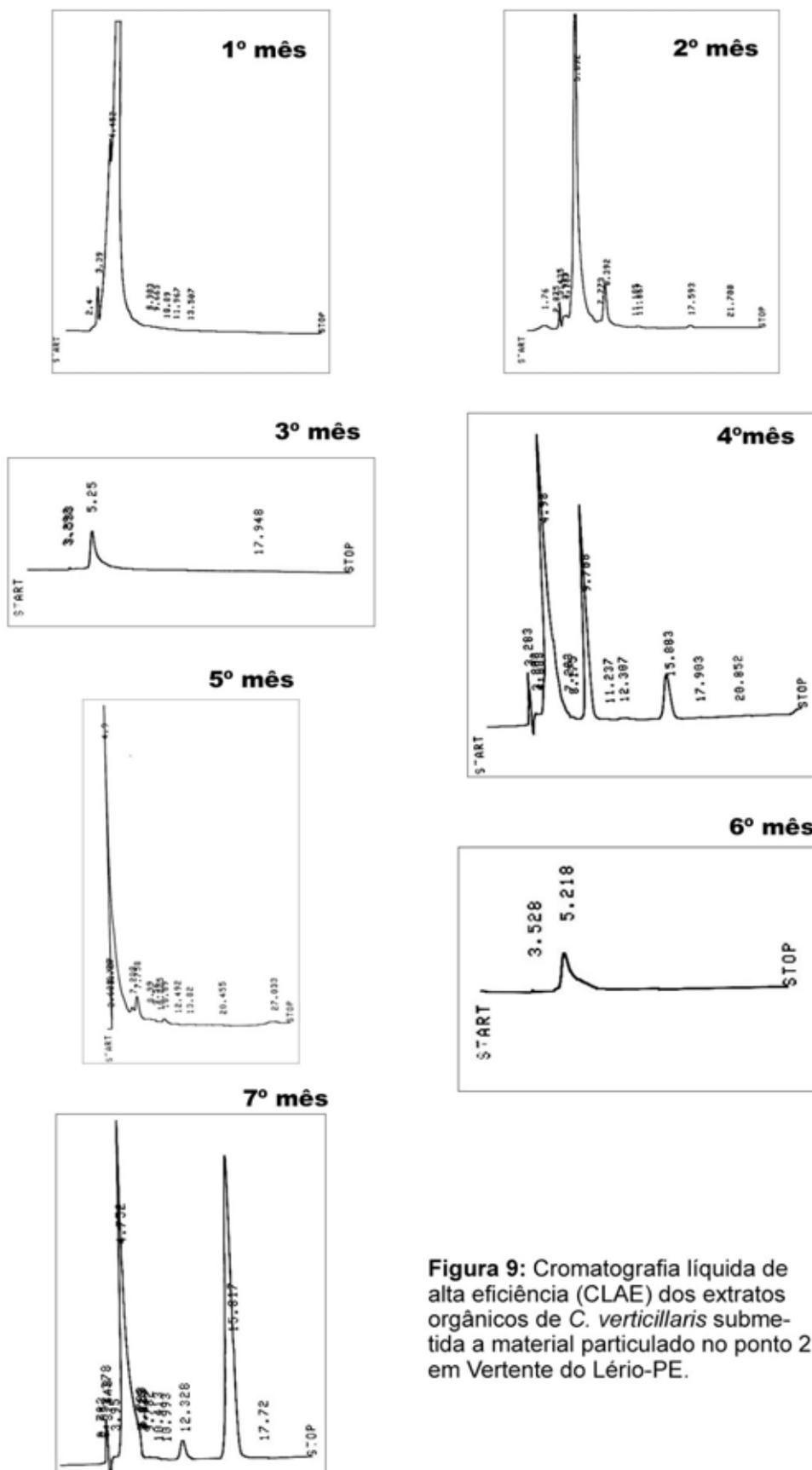


Figura 9: Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 2 em Vertente do Lério-PE.

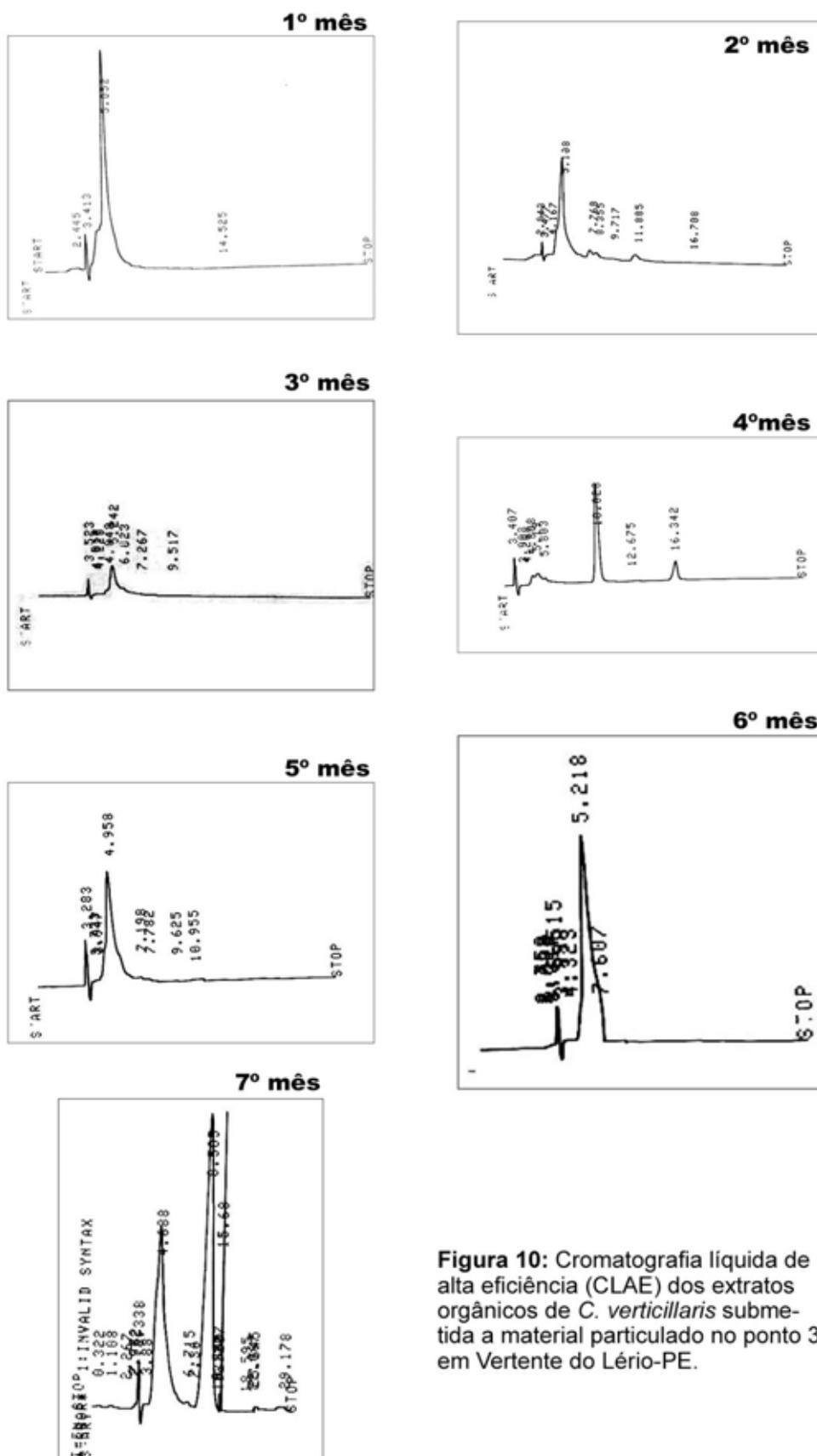


Figura 10: Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 3 em Vertente do Lério-PE.

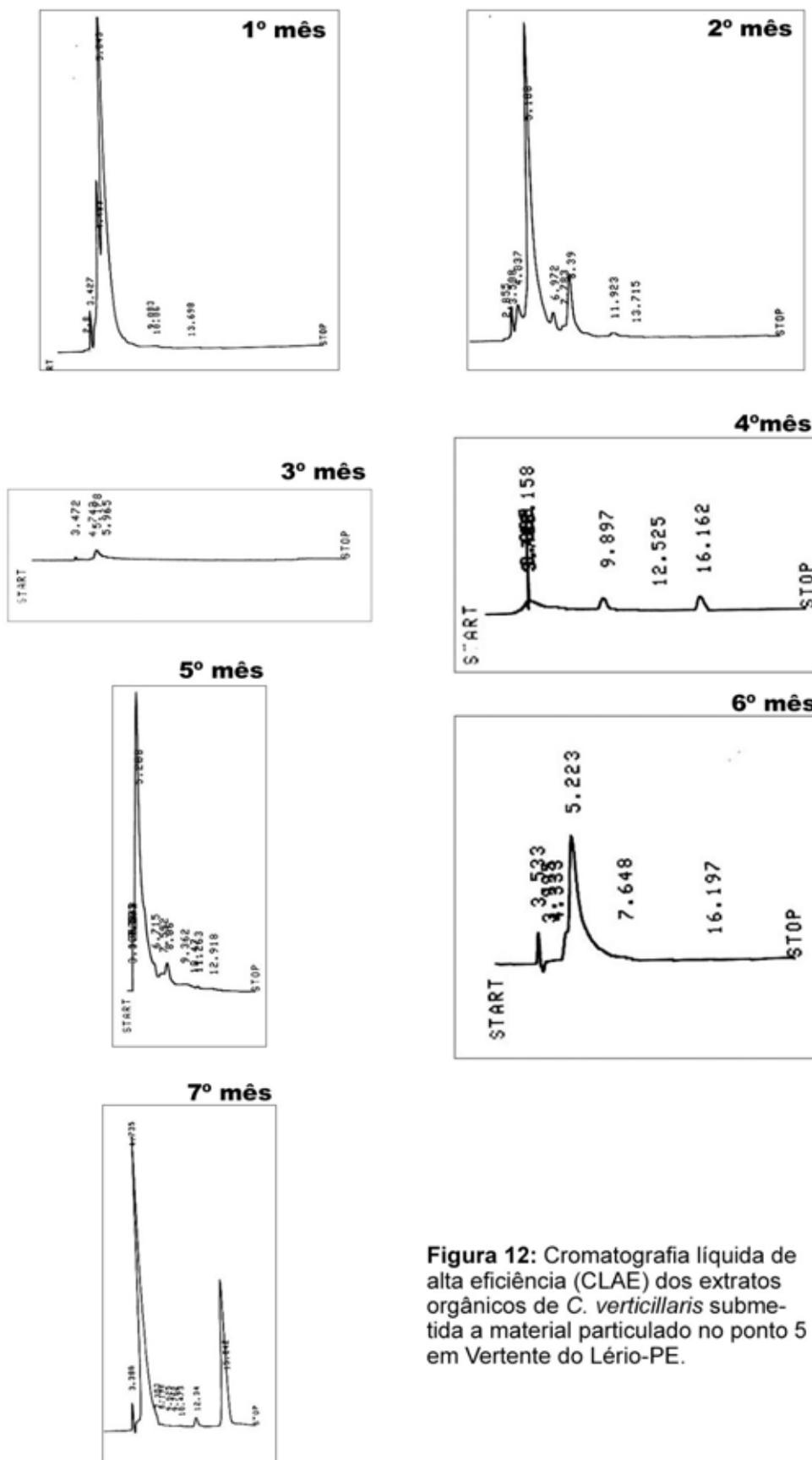


Figura 12: Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 5 em Vertente do Lério-PE.

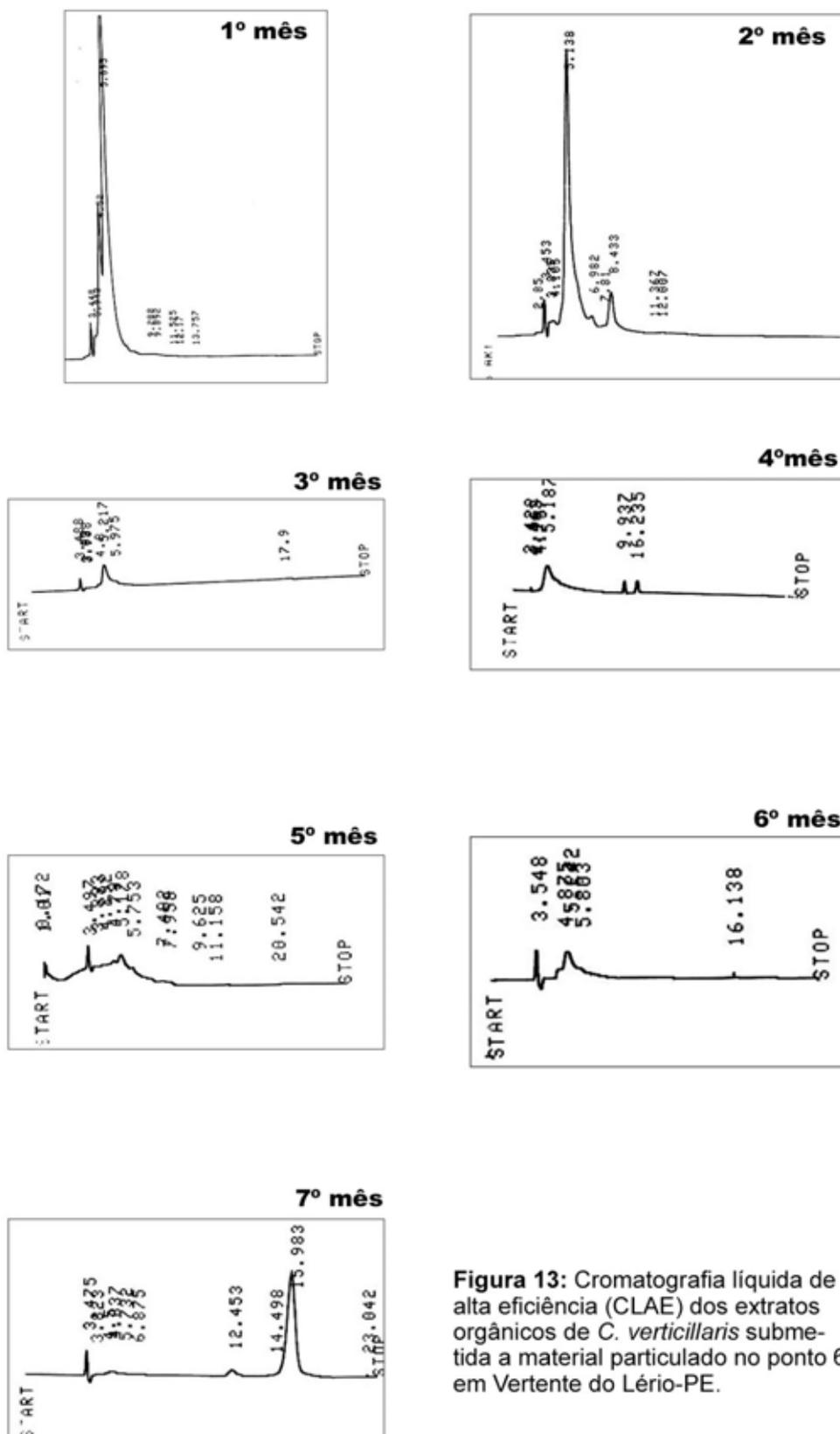


Figura 13: Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 6 em Vertente do Lério-PE.

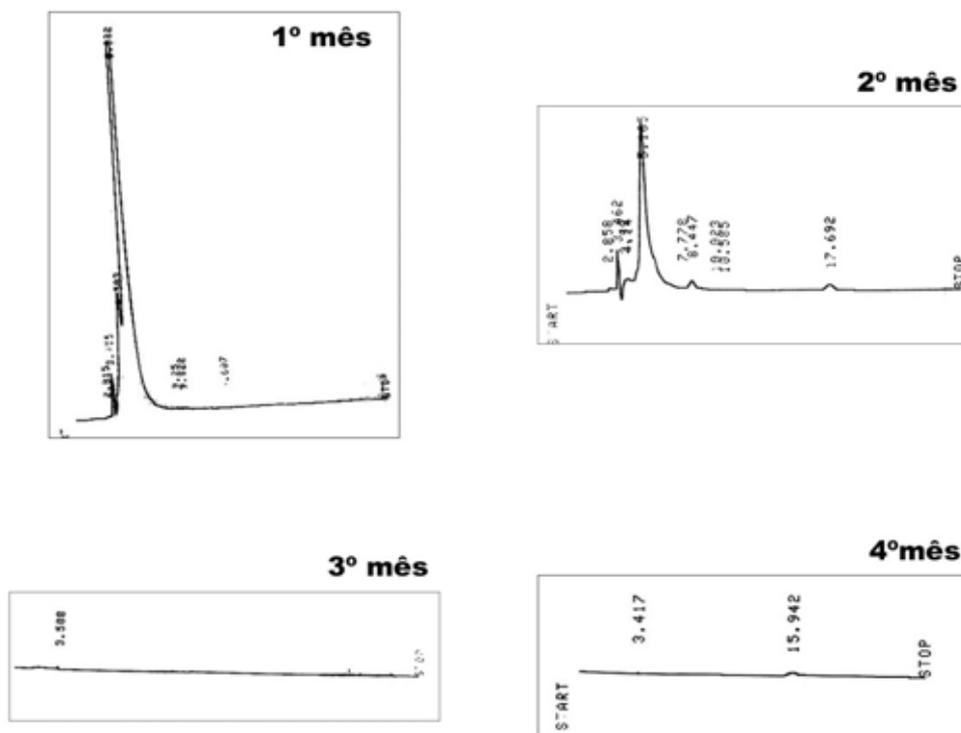


Figura 14: Cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) dos extratos orgânicos de *C. verticillaris* submetida a material particulado no ponto 7 em Vertente do Lério-PE.

Comportamento semelhante foi apresentado por *C. verticillaris* quando submetida a exposição em área urbana e industrial no município de Jaboatão dos Guararapes (PE). A incidência de poluentes na célula do líquen impediu a síntese satisfatória do FUM, havendo acúmulo de produtos, intermediários do seu metabolismo, como o ácido hipoprotocetrárico e seu aldeído, ou mesmo a atranorina, que é produzida em etapa anterior ao FUM (Silva, 2002). Quando submetida à ação do chumbo, na forma de acetato, ou na de dióxido, em experimentos sob condições controladas, a espécie respondeu de forma semelhante, atribuindo-se a este metal pesado um bloqueio em alguma etapa biossintética do FUM (Silva, 2002; Mota-Filho et al., 2004). Por isso é provável que o material particulado proveniente da extração e beneficiamento do calcário tenha o mesmo mecanismo de ação observado nos outros monitoramentos realizados com a espécie.

De acordo com os experimentos observou-se que os pontos mais afetados foram o ponto 1 localizado a 1 km das indústrias e próximo a minas e fornos de calcinação. O ponto 4, localiza-se atrás de uma indústria onde a direção do vento transporta os poluentes para o referido ponto. O ponto 6, residência no centro da cidade para onde os ventos carregam o poluente. O ponto 7 localizado fora da cidade, sendo considerado um ponto controle, entretanto observou-se uma agressão intensa.

A poluição atmosférica é um dos problemas ambientais mais debatido atualmente, sendo de fundamental importância o seu monitoramento, principalmente devido as agressões proporcionadas à saúde humana.

Szczepaniak & Biziuk (2003) demonstram a importância do biomonitoramento para avaliar a correlação dos dados estatísticos médicos com o teor de poluentes na atmosfera e a reação humana a eles. Por isso, atualmente dá-se ênfase não apenas para o ambiente, mas para a saúde humana. Sendo assim, os biomonitores estão sendo usados para estimar o efeito do impacto da indústria em humanos.

Cunha et. al. (dados não publicados), realizaram um levantamento junto à Secretaria Municipal de Saúde, sobre a saúde respiratória da população de Vertente do Lério – PE, não sendo evidenciadas alterações significativas na incidência de doenças do aparelho respiratório, contrariando os resultados obtidos pelo biomonitoramento, que demonstra ser o município uma área de intensa agressão por poluentes. Por isso, sugere-se haver uma

deficiência nas notificações de saúde da população, ou o tratamento de pacientes com ocorrências mais graves em centros mais especializados, como a Capital do Estado.

Por fim, foi possível constatar que a espécie estudada demonstrou ser um excelente biomonitor indicando, de maneira adequada, as alterações vivenciadas no ambiente, proveniente da exposição de material poluidor de origem antropogênica.

No município de Vertente do Lério ficou evidenciada a ação poluente dos materiais particulados provenientes da mineração e industrialização do calcário, através da agressão e alterações fisiológicas de produção dos fenóis liquênicos de acordo com os vários níveis de concentração encontrados nos líquens dos pontos de emissão de particulados.

De acordo com os experimentos realizados, observou-se que os pontos onde houve maiores alterações fisiológicas liquênicas foram aqueles próximos aos pontos de emissão ou a favor da direção predominante dos ventos.

A análise das amostras transplantadas de *C. verticillaris* para a área de estudo, demonstrou a correlação dos achados com a literatura vigente, demonstrando assim sua eficiência no monitoramento da qualidade do ar.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos moradores de Vertente do Lério e a indústria Renova Terra pela disponibilização de seus espaços para exposição dos experimentos

Ao Departamento de Bioquímica da Universidade Federal de Pernambuco pela utilização das instalações do Laboratório de Produtos Naturais, para realização dos experimentos.

Referências Bibliográficas

Almeida, I. T. de. 1999 **A poluição atmosférica por material particulado a mineração a céu aberto** pp. 194 p. Dissertação Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia de Minas.

Cáceres, M. E.S.; Mota-Filho, F. O .; Silva, N.H.; Chen, R.; Losada, P.; Pereira, E. C.. (1996). **Estudo da ação dos poluentes atmosféricos sobre líquens na cidade do Recife**. XLVII Congresso Nacional de Botânica. Nova Friburgo – RJ. Resumo, p. 370.

Cunha, M. H, A. et. al. (in Press). **Incidência de doenças respiratórias devido a poluição por material particulado em Vertente do Lério – PE**. Parte da dissertação de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais – UFPE, da primeira autora.

Legáz, M. E.; Vicente, C. **Endogenous inactivators of arginase, arginine decarboxylase and agmatine amidinohydrolase in *Evernia prunastri* thallus**. *Plant Physiol*, 71: 300 – 302, 1983.

Nieboer, E.; Ahmed, H. M.; Puckett, K. J.; Richardson, D. H. S. 1972. **The heavy metal content of lichens in relation to distance from a nickel smelter in Sudbury, Ontario**. *Lichenologist*, 5: 292 –304.

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 biomonitores**. In: Anais do IV Encontro Regional de Estudos Geográficos, Garanhuns – PE. pág. 55 1994.

Pilegaard, K. **Airborne metals and SO₂ monitored by epiphytic lichens in an industrial area**. *Environ. Pollut.* 17: 81 – 91.

Seaward, M. R. D. 1977. **Lichen Ecology**. Academic Press, Inc. London. 550 p.

Seaward, M. R. D. 1993. **Lichens and sulphur dioxide air pollution: field studies**. *Environ. Rew.* 1: 73 – 91.

Silva, R. A. ***Cladonia verticillaris* (líquen) como biomonitor padrão da qualidade do ar no Distrito de Jaboatão – PE**. Recife, 2002 147 p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco – Gestão e Políticas Ambientais (Área de Concentração: Gestão Ambiental; Inovação e Tecnologia Ambiental), 2002.

Szczepaniak, K.; Biziuk, M.; 2003. **Aspects of the biomonitoring studies using mosses and lichens as indicators of metal pollution.** Environmental Research 93: 221 – 230.

Vicente, C.; Legaz, M. E.; Pereira, E. C.; Andrade, L. H.; Silva, N. H.; Mota-Filho, F. O. **Análises de clorofilas e feofitinas em líquens e plantas como parâmetros de indicação de poluição atmosférica.** In: Anais do II Congresso de Ecologia do Brasil. Londrina, PR. Vol. 2 pág.595. 1994.

INCIDÊNCIA DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS DEVIDO À POLUIÇÃO POR MATERIAL PARTICULADO EM VERTENTE DO LÉRIO – PE ¹

Maria Helena Alves da Cunha²; Eugênia C. Pereira³ ; Nicácio Henrique da Silva⁴; Fernando Mota Filho³ ; Joelmir Marques da Silva⁵

RESUMO: Este trabalho correlaciona a poluição atmosférica, causada pela exploração e o beneficiamento do calcário, com a prevalência de sintomas e doenças do aparelho respiratório em Vertente do Lério, Estado de Pernambuco, Brasil. Neste município há evidente lançamento de material particulado resultante da exploração de calcário. Foram realizados levantamentos de dados junto à Secretária de Saúde do Município e questionários feitos com a população na área urbana, bem como com trabalhadores de uma indústria de beneficiamento. Os resultados demonstraram que, apesar de evidentes fontes poluidora e baixa qualidade do ar, não foi registrados dados que indicassem as atividades de beneficiamento do calcário como causadoras de sintomas e/ou óbitos no município. Por outro lado, é possível que os dados da Secretária Municipal de Saúde sejam insuficientes para elucidar os fatos. Alguns pacientes devem também recorrer a centros avançados, onde ficam os registros de ocorrência destas doenças ou de óbitos por elas provocados.

Palavras-chave: poluição atmosférica, indústrias de calcário, doenças respiratórias.

ABSTRACT: (Incidence of Respiratory Diseases due to pollution by Particulate Material in Vertente do Lério – PE). This paper correlates the atmospheric pollution caused by exploitation and improvement of limestone, with prevalence of symptoms and diseases of respiratory system in Vertente do Lério, Pernambuco State (Brazil). In this County exists evident launching of particulate material resulted of limestone exploitation. Data survey from Municipality Health Secretary were obtained, as well as interviews with urban inhabitants, and workers of one improvement industry. The results showed that, despite of the evident pollutant sources and low air quality, no data were registered about indication of symptoms and/or deaths caused by limestone activities. Other hand, it is possible that the data from Health Secretary are not sufficient for facts elucidation. Some patients should also search for other more advanced centers, where the diseases and deaths occurrence are registered.

Keywords: air pollution, limestone industry, respiratory diseases, Vertente do Lério.

¹ Parte da dissertação de Mestrado da primeira autora.

² Curso de Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais, Universidade Federal de PE

³ Departamento de Ciências Geográficas, CFCH, UFPE

⁴ Departamento de Bioquímica, CCB, UFPE

⁵ Aluno de Biologia da Faculdade de Formação de Professores Nazaré da Mata -UPE

Introdução

O Brasil com uma extensão territorial de 8,5 milhões de km², apresenta-se dividido geograficamente em cinco regiões distintas, que possuem diferenças significativas em aspectos físicos, de biodiversidade e desigualdades sócio-econômicas e culturais (Augusto 2000 apud Augusto, 2001).

De acordo com a referida autora, a Organização das Nações Unidas – ONU (1996), através do Relatório sobre o Índice de Desenvolvimento Humano – IDH, demonstra que o Brasil, mesmo com um IDH médio de 0.796, próximo ao de países desenvolvidos que é de 0.800, possui diferenças significativas entre as diversas regiões. Com índices elevados encontram-se os estados das regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste, enquanto as regiões do Norte e Nordeste apresentam índices próximos a 0.500. Isto demonstra que a população brasileira das regiões mais pobres possui uma qualidade de vida abaixo do esperado, com deficiência nos setores de educação, distribuição de renda e saúde.

“Os valores médios dos indicadores de saúde nacionais ocultam as grandes disparidades que existem entre as áreas urbana e rural, entre as grandes regiões, entre Estados de uma mesma região e entre municípios de um mesmo estado. Além do sub-registro da mortalidade em algumas localidades, mais de 15% das mortes têm sido atribuídas a causas mal definidas, o que indica uma assistência à saúde insuficiente em diversas áreas do país, e dificulta a análise de causas de morte em grande número de cidades do Norte e Nordeste, por exemplo”(Augusto, 2001).

De acordo com os dados mencionados, verifica-se que uma parcela significativa da população brasileira possui um serviço de saúde pública inadequado, proporcionando baixo nível de qualidade de vida.

Isso demonstra a crise que atualmente vem sendo vivenciada na saúde pública nacional, podendo-se analisar a conceituação dada por Tarride (1998: 21):

“Ao falar de crise da saúde pública, se faz referência à dívida a respeito de sua continuidade, do cessar ou da modificação do esquema sob o qual esta vem se desenvolvendo, em virtude do processo de mudança fundamental que a afeta”.

Arias (1984) apud Tarride (1998:22), refere que no século passado a saúde pública se restringia a ações preventivas de massa, saneamento e a nível burocrático em levantamentos estatísticos. Na atualidade a visão da saúde pública, deixa o campo da prevenção das epidemias e passa a atender uma medicina cara e especializada das patologias degenerativas, vítimas de acidentes e consumo de drogas. Considerando-se a saúde ambiental, a preocupação atual não se limita apenas ao esgoto e as condições inadequadas de moradia, mas a contaminação do ar, da água, e ruídos anteriormente desconhecidos.

Para Terris (1989) apud Tarride (1998:22), a crise na saúde pública pode ser observada diante dos seguintes aspectos: serviços voltados para atenção médica hospitalar terciária, em detrimento da prevenção primária; serviços preventivos descuidados e com pouco apoio financeiro; promoção da saúde que sinaliza uma melhoria nas condições socioeconômicas da população como emprego, renda, moradia, educação, lazer, participação comunitária, quase nunca considerados.

Assim, verifica-se que a saúde pública não tem cumprido o que rege o Art. 6º da Constituição Federal, quando se refere aos Direitos Sociais que em seu caput diz:

“são direitos sociais a educação, a saúde, o trabalho, a moradia, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados na forma desta Constituição” (Constituição da República Federativa do Brasil).

Deste modo, a saúde não se restringe apenas a situação de não ter doenças, mas a um conjunto de aspectos socioeconômico e cultural, que proporciona ao cidadão a oportunidade de vivenciar seus direitos resguardados pela Constituição.

No Agreste Pernambucano localiza-se o município de Vertente do Lério, onde a assistência à saúde se faz de maneira precária, sem infra-estrutura adequada que possa atender satisfatoriamente à população local. Essa realidade é um contexto nacional, que retrata o descaso da saúde a nível federal, estadual e municipal. Aliado a este fato existe na localidade a extração e beneficiamento do calcário, com indústrias implantadas na sede do município. As atividades resultam em liberação de grande quantidade de material particulado, contribuindo sobremaneira para a poluição do ar. Dessa forma, objetivou-se avaliar se haveria alguma relação dos altos níveis de poluição atmosférica com incidências e/ou sintomas de doenças respiratórias em moradores circunvizinhos às indústrias e minas de calcário.

Material e métodos

Seleção da área estudada

O município de Vertente do Lério localiza-se na Microrregião do Alto Capibaribe, integrante da Mesorregião do Agreste Setentrional do Estado de Pernambuco. Criado sob o Decreto Lei 10.622, de 01 de Outubro de 1991, foi nesta data desmembrado do Município de Surubim (Figura 1).

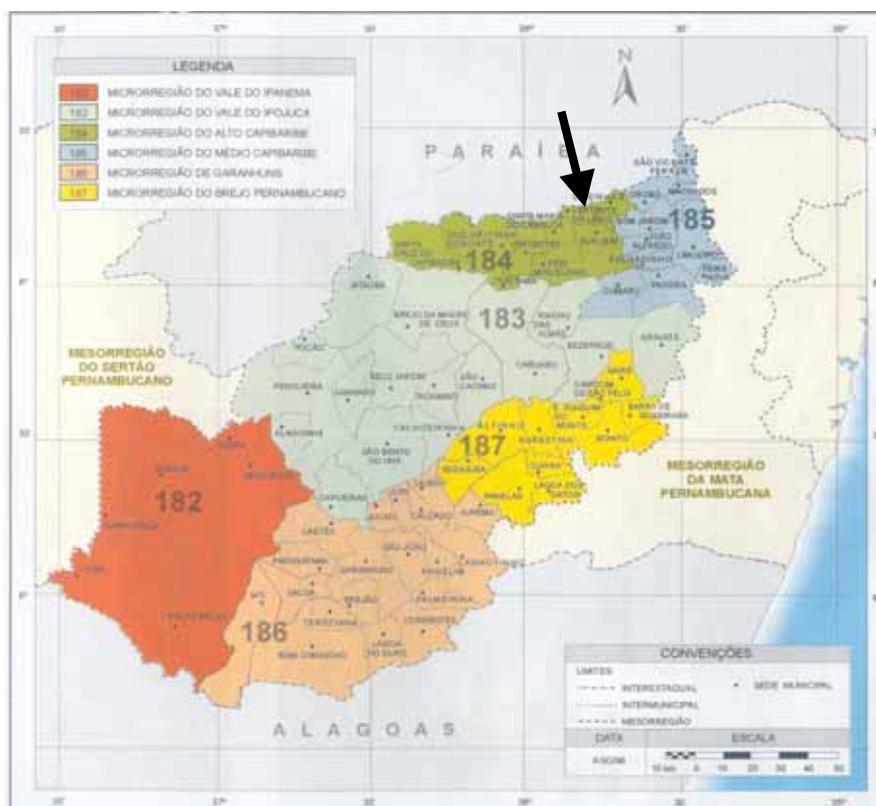


Figura 1 – Mapa de localização de Vertente do Lério – PE

É caracterizado por um clima do tipo BShs' (semi-árido), com temperaturas médias por volta de 23° , com um índice pluviométrico na ordem de 550 mm anuais (Andrade & Caldas Lins, 1992).

Possui uma vegetação com predomínio de caatinga hipoxerófila (SUDENE, 1972).

O referido município possui uma população de 8.536 habitantes, sendo 1.508 habitantes na área urbana e 7.028 na área rural, de acordo com o Censo Demográfico 2000 do IBGE (www.ibge.gov.br acessado em 11 de dezembro de 2003).

Apresenta uma área territorial de 120 km², cuja base econômica é a agricultura de subsistência, com plantio de feijão, algodão, mandioca e frutas tropicais. O extrativismo mineral e a industrialização do calcário assumem um papel relevante na economia local (Pessoa, 1997).

O município apresenta-se como uma região potencialmente rica, em virtude da existência de jazidas e minas de calcário (Figura 2) que correspondem a 57,58% de todo calcário do Estado com, aproximadamente, 1,7 bilhões de toneladas (Renova Terra).



Figura 2. Atividades extrativista de calcário em Vertente do Lério – PE.

Fonte: Cunha, 2004.

Entretanto, apesar de ser uma fonte de renda para o município, a extração e o beneficiamento do calcário pelas indústrias locais promovem uma poluição do ar, através de material particulado emitido pelo processo britagem que pode determinar alterações no aparelho respiratório da população local, conforme figura 3.



Figura 3 Atividades industriais de beneficiamento do calcário – Vertente do Lério (PE).

Fonte: Cunha, 2003.

Realização dos questionários

Foram realizados, com moradores da área urbana do município, questionários estruturados compostos por sete perguntas, onde os indivíduos independentes de sexo e idade, informaram sobre a existência de sintomas respiratórios, cutâneos e oculares, de acordo com anexo 1.

Secretária de Saúde Municipal

Realizou-se um levantamento sobre a *causa mortis* da população analisando-se os atestados de óbitos fornecidos pela Secretária de Saúde do Município, no período de 1996 a 2004, sem relacionar com idade ou sexo, buscando os óbitos relacionados com o aparelho respiratório.

Resultados e discussão

Nas últimas três décadas o Brasil vem passando por transformações socioeconômicas que repercutiram no crescimento acelerado do processo urbanístico, associado a uma ocupação inadequada das periferias urbanas, com condições precárias de habitação e saneamento. Em paralelo, observou-se o incremento da industrialização, que modificou o processo de trabalho, interferindo negativamente no meio ambiente, provocando uma ineficaz qualidade da saúde (Werneck, 1998).

Nos primórdios do terceiro milênio a população anseia por um novo paradigma de saúde que saia da visão clínico-assistencial para uma visão mais holística como resultado de um conjunto que abrange os aspectos sociais, econômicos, políticos, culturais, ambientais, comportamentais e biológicos (Pessini & Barchifontaine, 2000).

Aguiar (1998), refere que o estudo das doenças se apresenta como uma situação bem complexa, já que uma doença não pode ser considerada como um fato isolado e sim dentro de um contexto múltiplo, podendo se desenvolver no homem em um determinado período, ou persistir por toda sua vida.

Segundo a autora, o conhecimento de como ocorre a doença na população, permite o planejamento de ações preventivas; avaliação da importância econômica das doenças; busca das causas e desenvolvimento das mesmas; e buscar novas medidas preventivas e de tratamento.

Para avaliação do curso de uma doença em uma determinada população, em um certo tempo, utilizam-se indicadores como a prevalência e a incidência. A incidência informa o número de casos novos da doença em questão, num local e tempo determinado. A prevalência demonstra o total de casos num certo local durante um tempo determinado (Aguiar, 1998).

O município de Vertente do Lério, caracterizado pela existência de minas e indústrias de calcário, apresenta-se com um nível de poluição atmosférica provocado por material particulado proveniente desse processo produtivo. As partículas que constituem os aerossóis possuem diâmetros diferentes que, quando inalados, podem se depositar nas vias aéreas superiores ou inferiores, dependendo do seu tamanho. Partículas cujo diâmetro é superior a 10 μ ficam retidas nas vias aéreas superiores; as com diâmetros inferiores a 0,1 μ ficam nas vias aéreas inferiores e nos alvéolos (Harrison, 1980).

Com o objetivo de correlacionar o nível de poluição atmosférica, proveniente da extração e beneficiamento do calcário, com possíveis patologias que acometem as vias aéreas superiores e inferiores, foram realizadas pesquisas de campo, buscando realizar um levantamento estatístico acerca da prevalência dos sintomas e doenças respiratória, através de questionários com a população, assim como um levantamento na Secretária Municipal de Saúde contabilizando os óbitos de causas respiratórias no período de 1996 a 2004, na população do município.

Realizou-se questionário com a população da área urbana e trabalhadores de uma indústria do município, sendo pesquisado um universo de 108 indivíduos, entre adultos e crianças de ambos os sexos. Foram utilizadas perguntas estruturadas onde o entrevistado respondia se apresentava o sintoma específico, conforme os questionários respondidos (Apêndice 1).

De acordo com os dados obtidos foi possível constatar que a maior prevalência de sintomas refere-se a espirros com um percentual de 27,77%, enquanto o de menor foi sangramento nasal com 6,48%, conforme Figura 4. Entretanto observou-se um percentual de 47,37% de indivíduos assintomáticos. Alguns entrevistados se sentiram constrangidos em responder os questionários, podendo ser esse motivo o que determinou um percentual elevado de pessoas nesta condição.

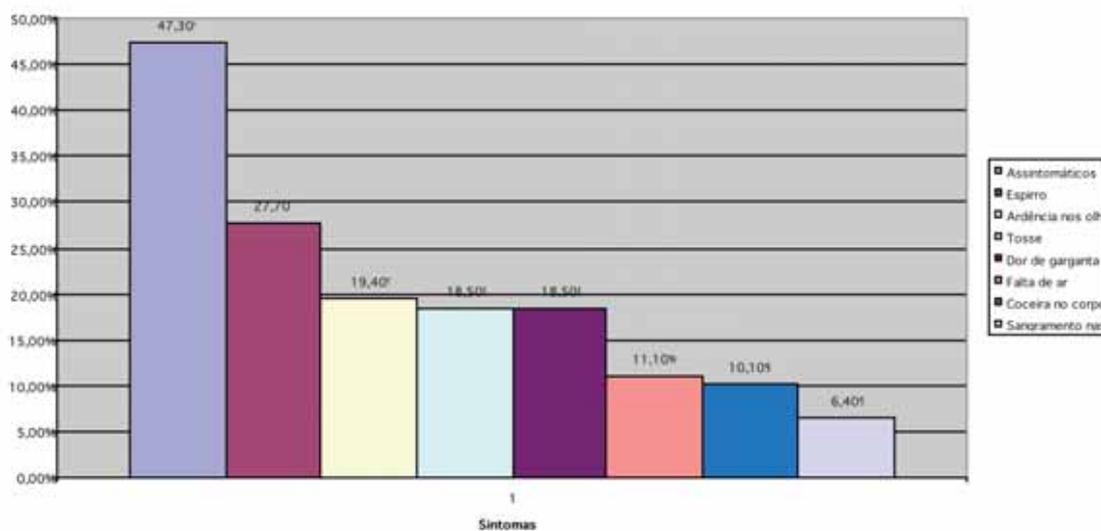


Figura 4: Prevalência de sintomas indicadores de doenças respiratórias encontradas nos moradores de Vertente do Lério – PE.

Com o objetivo de se determinar o número de *causas mortis* relacionadas com o aparelho respiratório, realizou-se um levantamento na Secretária de Saúde Municipal, no período de 1996 a 2004. Os dados obtidos não foram satisfatórios devido à inadequação nos registros de óbitos. Vale acrescentar que muitos óbitos eram classificados como SAM (Sem Assistência Médica), as pessoas sempre com endereço indefinido e agricultor como ocupação principal. Augusto (2001) refere-se ao sub-registro da mortalidade em alguns municípios brasileiros e, que mais de 15% das *causas mortis* são registradas como causas mal definidas. Isto caracteriza uma saúde pública ineficaz, tanto em relação ao processo de assistência, como a dados que possam direcionar a evolução das doenças.

Os dados de óbitos levantados junto à Secretaria Municipal de Saúde indicam que de 1996 a 1998 não houve óbito algum no município com *causa mortis* definidas. Apenas pessoas de idade avançada faleceram, indicando uma maior influência cronológica para tais óbitos do que a má qualidade ambiental (Quadro 3). É possível que pessoas mais jovens afetadas pelos poluentes, viagem para centros mais aparelhados, como o Recife, onde realizam tratamento ou, em caso de morte, tem seu registro em cartórios de outra localidade.

Quadro 3 – Dados das *Causas Mortis* da Secretaria Municipal de Saúde do Município de Vertente do Lério – PE.

PERÍODO	CAUSA MORTIS	IDADE	SEXO	RESIDÊNCIA
1996 – 1998	SAM*	-	-	-
1999	SEM ÓBITOS	-	-	-
2000	IR*	-	RN*	-
2001	Ca Pulmonar* Insf. Resp.* Insf. Resp.	81anos 66 anos 93 anos	Masculino Masculino Masculino	Sítio Cajá Centro Centro
2002	Ca Pulmonar + DPOC* Insf. Resp. DPOC Insf. Resp. DPOC	89anos 80 anos 82 anos 88 anos 72 anos	Masculino Masculino Feminino Feminino Masculino	- Centro Sítio Gambá Centro. -
2003	DPOC DPOC	74 anos 92 anos	Masculino Feminino	Sem endereço Sítio Tambor
2004	-	-	-	-

*Sem assistência médica (SAM);*Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC);

• *Infecção Respiratória (IR);*Insuficiência Respiratória (Insf. Resp.)

* Câncer Pulmonar (Ca Pulmonar);* Recém Nascido

De acordo com os dados coletados na Secretaria de Saúde Municipal, no período de 1996 a 1998 os registros indicam *causa mortis* como Sem Assistência Médica (SAM), demonstrando a falta eficiente de um diagnóstico real. No ano de 1999 não foi registrado nenhum óbito, questiona-se a veracidade deste fato, considerando-se a ineficiência nos registros de óbitos. Entre 2000 a 2003 registraram-se óbitos devido a câncer pulmonar associado em alguns casos a doença obstrutiva crônica (DPOC), em indivíduos acima de 70 anos. Entretanto esse dado não se pode relacionar com a poluição atmosférica devido a inexistência de informações acerca dos hábitos desenvolvidos pelos indivíduos, como por exemplo, fumantes de longa data.

Conclusão

Após a análise dos dados obtidos pelos questionários, conclui-se que a população residente em Vertente do Lério, não apresenta sintomatologia significativa do aparelho respiratório correlacionada com a poluição atmosférica. Esses dados podem revelar o receio dos entrevistados em responder satisfatoriamente os questionários.

De acordo com os documentos fornecidos pela Secretaria de Saúde, conclui-se que as falhas de informações nos registros de óbitos, o que impossibilitou correlacionar a existência de Câncer Pulmonar associado à Doença Obstrutiva Crônica com a poluição verificada na cidade, devido à extração e beneficiamento do calcário.

É possível que haja migração de pessoas doentes para centros mais avançados, cujo tratamento e/ou óbitos não são registrados no município. Isso dificulta uma elaboração de proposta para gestão do ambiente, com vistas a uma melhoria de qualidade de vida dos habitantes de Vertente do Lério.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Secretaria Municipal de Saúde de Vertente do Lério (PE), pela cessão dos dados de saúde e a Industria Calcário Renova Terra, por facultar suas instalações para estudo.

Referências bibliográficas

Aguiar, A C. **Medida das Doenças** In: **Texto de Apoio em Vigilância Epidemiológica**. Organizado pela Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz, 1998.

Andrade, G. O. ; Caldas Lins, R. (1992). **Os Climas do Nordeste**. Notas e Comunicações de Geografia. Série B: Textos Didáticos nº 11. UFPE – DCG/NAEG. Recife.

Augusto, L. G. S. **Saúde e Ambiente na perspectiva da Saúde Coletiva** In: **Pesquisa (ação) em saúde ambiental**. Org. Augusto, L. G. S; Florêncio, L; Carneiro, M. R. Recife: Editora Universitária, 2001.

Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil – Promulgada em 05 de Outubro de 1988. São Paulo: Editora Saraiva: 25ª edição atualizada, 2000.

Brasil. SUDENE (1972). **Levantamento Exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Vol. I, 359p.

Brasil. SUDENE (1972). **Levantamento Exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Vol. II 354p.

Harrison et.al. **Medicina Interna**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1980.

IBGE, 2002. www.ibge.gov.br (acessado em 11 de dezembro de 2003).

Pessini, Léo; Barchifontaine, Christian de Paul de. **Problemas Atuais de Bioética**. São Paulo: Editora Loyola, 2000.

Tarride, Mario Ivan. **Saúde Pública: Uma complexidade anunciada**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 1998.

Werneck, G. L. **Vigilância Epidemiológica das Causas Externas** In: **Texto de Apoio em Vigilância Epidemiológica**. Organizado pela Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz, 1998.

6. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES GERAIS

6.1 Discussão geral

O século XX caracterizou-se por mudanças significativas no mundo, onde a questão ambiental tenta resgatar sua importância frente às relações sociedade/natureza (Bernardes & Ferreira, 2003). De acordo com os autores, até o século XIX o processo de produção capitalista considerava a natureza como objeto, fonte ilimitada de recursos disponíveis ao homem. De acordo com essa concepção, o processo de industrialização desenvolveu técnicas onde a exploração intensa dos recursos naturais, acarretou efeitos danosos a natureza e aos homens, aumentando assim os níveis de poluição nos grandes centros urbanos.

Odum (1988), referindo-se ao estresse antropogênico, conceitua-o como uma perturbação crônica que provoca efeitos pronunciados e prolongados ao meio ambiente, principalmente no caso de substâncias provenientes do processo de industrialização.

A poluição atmosférica é um dos grandes problemas que acomete a atualidade, sendo considerada por Odum (1998), como um sinal de retroalimentação negativa, isto é, ela fornece um sinal de perigo facilmente captado por todos e todo mundo contribui para ela e sofre com ela.

Sendo assim, faz-se necessária a mensuração dos níveis de poluentes atmosféricos, através de instrumentos mecânicos ou de organismos capazes de fazê-la, como os biomonitores.

O município de Vertente do Lério, localizado no Agreste Pernambucano, selecionado como área de estudo, devido à existência de minas e indústrias de calcário, contribui para a poluição por material particulado e danos à saúde da população.

A primeira etapa deste trabalho buscou avaliar os parâmetros fisiológicos na produção de substâncias liquênicas de *Cladonia verticillaris*, transportada de uma mancha de cerrado localizado na Serra do Prata, município de Saloá – PE, exposta ao ambiente poluído no período de junho a dezembro de 2004. As análises cromatográficas revelaram que as amostras controle sintetizaram o ácido fumarprotocetrárico (FUM) e vestígio de atranorina, conforme refere Ahti et al. (1993). Entretanto, as amostras submetidas à ação dos poluentes, revelaram bandas mal definidas dessas substâncias, sugerindo uma produção inadequada. A presença de substâncias intermediárias do metabolismo do FUM pode ser explicada pela alteração no fluxo de enzimas e cofatores entre os simbioses (Pereira et al., 1999), o que interfere na biossíntese dos fenóis liquênicos, ou o bloqueio pela ação dos poluentes de reações enzimáticas em alguma etapa do metabolismo liquênico.

Silva (2002), refere que os poluentes ao penetrarem na célula, podem destruir os cloroplastos e/ou as clorofilas, interferindo na fotossíntese, onde ocorre a síntese dos carboidratos pelo fotobionte, que serão repassados ao micobionte para biossíntese das substâncias liquênicas.

Durante o experimento observou-se que houve uma redução drástica na produção das substâncias liquênicas, principalmente naqueles pontos próximo ao emitente. Isto corrobora que a biossíntese é prejudicada pela atuação dos poluentes, seja pela interferência no processo fotossintético ou pela inibição de alguma reação nas etapas metabólicas, sabendo-se que para síntese do FUM, é necessário o acoplamento de uma porção fumarato ao ácido protocetrárico, dependendo de uma reação condensação oxidativa (Silva, 2002).

As alterações na produção de substâncias liquênicas proporciona ao líquen predisposição as agressões externas, e sugere um desvio dos fenóis da medula para o córtex, como mecanismo de defesa contra os agentes agressores (Silva, 2002).

A segunda etapa da pesquisa buscou correlacionar os níveis de poluição atmosférica com alterações existente no aparelho respiratório da população local.

Realizou-se um levantamento junto à Secretaria Municipal de Saúde com a finalidade de analisar as *causas mortis* por doenças respiratórias no período de 1996 a 2004. Entretanto, os dados obtidos não foram conclusivos devido ao registro inadequado dos casos, evidenciando assim a crise na saúde pública. Conforme Augusto (2001), além do sub registro da mortalidade em algumas regiões, mais de 15% das mortes têm sido atribuídas a causas mal definidas, indicando uma assistência à saúde ineficaz, principalmente nos estados do Nordeste.

Visando analisar a prevalência de sintomas referentes às doenças respiratórias, foram realizados questionários com perguntas estruturadas a população local. Os dados avaliados demonstram que um elevado percentual de indivíduos é assintomático, enquanto um número menor refere sintomas como tosse, espirro, sangramento nasal entre outros.

Os dados avaliados não demonstram uma correlação significativa de sintomas e doenças com a poluição provocada pela exposição ao material particulado.

Esses achados podem retratar a saída dessa parcela populacional para centros com melhores recursos médico-hospitalares, ficando seus registros em locais de atendimento. Assim como, um receio da população local no que se refere aos questionários, já que um número expressivo de pessoas avaliadas se beneficiam diretamente do processo produtivo de extração e beneficiamento do calcário.

6.2 Dados conclusivos

É primordial a mensuração dos poluentes atmosféricos, através de métodos como o uso de equipamentos ou de organismos vivos que são biomonitores ativos, principalmente nas áreas submetidas a intensa ação antropogênica, como as observadas nas regiões onde se encontra implantada indústria potencialmente poluidora.

Ratificando as hipóteses deste trabalho constatou-se que o líquen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. mostrou-se eficaz no biomonitoramento ativo. A metodologia aplicada mostrou-se adequada para alcançar os objetivos propostos, considerando que:

1. conforme o conhecimento pela literatura da eficiência dos líquens como biomonitores da poluição atmosférica, foi possível avaliar os níveis de poluentes nos locais próximos aos emitentes no município de Vertente do Lério – PE;
2. a utilização da *C. verticillaris* permitiu avaliar as alterações fisiológicas na produção dos fenóis liquênicos, com prejuízo na biossíntese dessas substâncias;
3. relacionando-se os resultados do biomonitoramento com a saúde da população local, não foi evidenciada alteração significativa do aparelho respiratório. No entanto, face aos dados insuficientes da Secretaria Municipal de Saúde, é possível que os óbitos e outras ocorrências sejam registrados em municípios com centros médicos mais aparelhados.
4. o conhecimento do metabolismo liquênico frente a agressões antropogênicas pode auxiliar como indicador no plano de gestão ambiental em áreas com atividades potencialmente poluidoras.

7. ABSTRACT

ABSTRACT

The atmospheric pollution by particulate material interferes negatively in both environment and human healthy. For monitoring these pollutants the lichen *Cladonia verticillaris* (Raddi) Fr. was used as biomonitor due to its capacity of quantitative measuring of suspension material. The County of Vertente do Lério – PE (Brazil) was selected for this study because, in this region, industries and mines that they benefit limestone are found, with emission of particulate material resulting of this activity. The lichen was transplanted from a cerrado (savannah like vegetation) area in Serra do Prata, Saloá County, Pernambuco State, for strategic points of the study area, considering it self the predominant wind direction and localization of pollutants emitents. The lichens kept in exposition during seven months being monthly collected, for analysis through thin layer and liquid (HPLC) chromatographies. The qualitative results showed that the samples from the first month of exposition showed a rezonable production of fumarprotocetraric acid (FUM), with an increasing of production of intermediary compounds of FUM metabolism. These findings were confirmed by HPLC assays that evidenced that the lichen suffers, in any moment, a collapse that impediment it of realizing the acid biosynthesis. Objectining to correlate the air pollution with the healthy quality of local population, a survey at County Healthy Secretary was realized, searching a evaluation of cause death for respiratory problems up 1996 to 2004, and interviews and applications with the population for recognizing the existent respiratory symptoms. After data analysis, it was possible to verify that they are not adequate, being not sufficient for subsidy the correlation between deaths for pollution causes due to the emission of particulate material by industries and mines. It was constated that a significant amount of individuals was assint, white others refer cough, sneeze, among other symptoms. It was possible to conclude that Vertente do Lério municipality shows a high level of air pollution, demonstrated by aggression evidenced by the biomonitors, mainly in the points localized near the emitents, or in those ones in the predominant wind direction. Despite of these findings, no alteration on population heal thy was detected, in order to correlating with the high pollution level. These data can indicate the exit of patients for treatment in more advanced Centers, as Surubim or Recife, where their registers can probably be encountered. Finally, *Cladonia verticillaris* demonstrated to belong the capacity of measuring the pollution index, according mentioned in specific literature.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar, A.C. Medida das Doenças. In: **Texto de Apoio em Vigilância Epidemiológica**. Organizado pela Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz, 1998.p.33-40.

Ahti, T. Evolutionary trends in cladoniiform lichens. **Journ. Hattori Bot. Lab.** v. 52, p. 331-341, 1982.

Ahti, T. The status of *Cladina* as a genus segregated from *Cladonia*. **Nova Hedwigia**, v. 79, p. 25-61, 1984.

Ahti, T. Stereos, S.; Xavier-Filho, L. The lichen family Cladoniaceae in Paraíba, Pernambuco and Sergipe, northeast Brazil. **Tropical Biology**, v. 7, p. 55-70, 1993.

Ahmadjian, V.; Jacobs, J.B. Artificial reestablishment of lichens. VI Comparison between natural and synthetic thalli of *Usnea strigosa*. **Lichenologist**, v.17, p. 149-166, 1981.

Almeida, I. T. **A Poluição Atmosférica por material particulado na Mineração a céu aberto**. 1999, 194p. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas, São Paulo, 1999.

Andrade G.O; Calda Lins, R. **Os climas do Nordeste**. Notas e Comunicações de Geografia. Série B: textos didáticos, nº 11 UFPE – DCG/NAEG. Recife, 1992.

Asahina, Y.; Shibata, S. **Chemistry of lichen substances**. Tokio, Japanese Society for the Promotion of Science, 1954, 240p.

Augusto, L.G.S. Saúde e Ambiente na Perspectiva da Saúde Coletiva. In: Augusto, L.G.S.; Florêncio, L.; Carneiro, M.R. **Pesquisa (ação) em saúde ambiental**. Recife: Ed. Universitária, 2001. p. 3-6.

Bernardes, J.A; Ferreira, F.P.M. Sociedade e Natureza. In: Cunha, S.B.; Guerra, A.J.T (org.) **A Questão Ambiental – Diferentes Abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p.19-41.

BRASIL, Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. 25 edição atualizada e ampliada. São Paulo: Saraiva, 2000.

Brasil. SUDENE. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Vol. I. 1972. p. 359.

Brasil. SUDENE. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco**. Vol. II. 1972. p. 354.

Branco, S. M.; Murgel. **Poluição do Ar**. Coleção Polêmica. São Paulo: Moderna, 1995. 87p.

Cáceres, M.E.S.; Mota-Filho, F.; Silva, N.H.; Chen, R.; Losada, P.; Pereira, E.C. Estudo de ação dos poluentes atmosféricos sobre líquens na cidade do Recife. **XLVII Congresso Nacional de Botânica**. Nova Friburgo, Rio de Janeiro 1996.

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 clorofilas e feofitinas em líquens como parâmetro de avaliação. **III Congresso de Iniciação Científica da UFPE**. Recife – PE. Resumo, p. 185. 1995.

Chen, A. R.M. N.; Losada, A. P.; Vieira, M. M.; Cáceres, 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. Resumo, p. 184. 1995.

C.N.I – Confederação Nacional da Indústria. **A Indústria e o Brasil: uma agenda para o crescimento**. Brasília, 2002.

Culberson, C. F.; Culberson, W. L.; Johnson, A. **Second supplement to Chemical and Botanical Guide of Lichen Products**. St. Louis, The American Bryological and Lichenological Society, Inc, 1977. 400p.

Culberson, C. F. Supplement to Chemical and Botanical Guide of Lichen Products. **Bryologist**, v.73, p.177-377, 1970.

Culberson, C. F. Biogenetic relationships of the lichen substances in the framework of systematics. **Bryologist**, v.89, p91-98, 1986.

Dias, G. F. **Pegada Ecológica e sustentabilidade humana**. São Paulo: Gaia, 2002. 257p.

Dias G. F. **Educação Ambiental: princípios e práticas**. São Paulo: Global, 1998.400p.

Fellenberg, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. Tradução de Inergen Heinrich Maar; revisão técnica de Cláudio Gilberto Froehlich. – São Paulo. EPU: Springer: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980.

Garty, J.; Tomer, S.; Levin, T.; Lehr, H. Lichens as biomonitors around a coal-fired power station in Israel. **Environmental Research** 91, 2003. 186-198.

Gombert, S.; Asta, J.; Seaward, M. R. D. Correlation between the nitrogen concentration of two epiphytic lichens and the traffic density in an urban area. **Environmental Pollution** 123, 2003. 281-290.

Guyton, A C. **Fisiologia Humana**. Rio de Janeiro: Koogan, 1988.

Guimarães, J. E. P. **A Cal – Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil**. São Paulo: Pini, 1997. 285p.

Guerra, A. T.; Guerra, A. J. T. **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

Gutberlet, J. Cubatão: **Desenvolvimento social e degradação ambiental**. Tradução de Kay-Uwe Gutberlet. EPU: EDUSP. 1996.

Harrison. **Medicina Interna**. Rio de Janeiro: Koogan, 1980. 2177p.

Hawksworth, D. L. Litmus tests for ecosystem health: the potencial of bioindicator in the monitoring of biodiversity, 1992. In: Swaminathan, M. S. (eds.) **Biodiversity. Implications for global food security**. Madras: Macmillan India 17: 184-204, 1992.

Hale-Jr, M. E. **The Biology of Lichens**. 3 ed. London. Edward Arnold Pub, 1983. 90p.

Hill, D. J. The movement of carbohydrate from the alga to fungus in the lichen *P. polydactyla*. **New Phytol**, 1972. p.31-39.

Honda, N. K.; Vilegas, W. **A Química dos Líquens**. Química Nova, 21 (6), 1998.

IBGE. Disponível em www.ibge.gov.br acessado em 11 de dezembro de 2003.

JORNAL DO MEIO AMBIENTE. Disponível em www.jornaldomeioambiente.com.br Acesso em 10 de outubro de 2003.

Keith, T. **O homem e o mundo natural**. São Paulo: Companhia das Letras, 1988. 357p.

Krishna, M. V. B.; Karmasagar, D.; Arunachalam, J. Study of mercury pollution near a thermometer factory using lichens and mosses. **Environmental Pollution** 124, 2004. 357-360.

Lanfredi, G. F. **Política Ambiental: busca da efetividade de seus instrumentos**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2002. 300p.

Lawrey, J. D. Biological role of lichen substance. **Bryologist**, v.89, n.2, p 268-275, 1986.

Le Blanc, F.; Rao, D. N. Effects of pollutants on lichens and bryophytes. In: Mudd, J. B.; Kozlowski, T. T. **Responses of plants to air pollution**. London, Academic Press, Inc. 11: 237-272, 1975.

Legáz, M.E.; Vicente, C.; Ascaso, C.; Pereira, E. C.; Xavier-Filho, L. Pigment analysis of sun and shade populations of *Cladonia verticillaris*. **Biochem. System. Ecol.**, 14, 545-582. 1986.

Loppi, S.; Riccobono, F.; Zhang, Z. H.; Savic, S.; Ivamov, D.; Pirintsos, S. A. Lichens as biomonitors of uranium in the Balkan area. **Environmental Pollution** 125. 2003. 277-280.

Losada, A .P.M.; Chen, A. R.M.N.; Vieira, M. M.; Silva, N. H.; Pereira, E. C.; Mota-Filho, F. O .(1995a)Teores de clorofilas e feofitinas em líquens do Campus da UFPE. **In: Anais do XLVI Congresso Nacional de Botânica**, Ribeirão Preto, SP. p. 185-186.

Losada, A.P.M.; Chen, A.R.M.N.; Vieira, M.M.; Cáceres, M.E.S.; Pereira, E.C.; Silva, N.H.; Mota-Filho, F.O (1995b). Análise de fenóis corticais e medulares de líquens como parâmetros de avaliação da ação de poluentesx. **In: Anais do XIX Reunião Nordestina de Botânica**. Recife-PE. Resumo, p. 144.

McFarlene, J. D.; Kershaw, K. A . Some aspects of carbohydrate metabolism in lichens. In: **Lichen Physiology and Cell Biology**. D. H. Brown, Ed. Plenum Press, New York, 1-8, 1984.

Medauar, O. (org). **Coletânea de Legislação de direito ambiental**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2003. 983p.

Markert, B. Plants as Biomonitors. Indicators for heavy metals in the Terrestrial Environment. **VCH Publishers**. New York, 1993.

Mota-Filho, F. O ; Lima, E. S.; Silva, N. H.; Pereira, E. C. Efeito do Dióxido de Chumbo (PbO₂) em *Cladonia verticillaris (Raddi) Fr.*: condições de laboratório. **VII Reunião Regional da SBBq – 2º International Symposium in Biochemistry Macromolecules and Biotechnology**. Recife – PE, 2004. p. 268-271.

Mota-Filho, F. O; Chen, A R.M.N.; Losada, A.P.; Cáceres, M.E.S.; Pereira, E.C.; Silva,N.H. Quantificação de pigmentos de líquens em Poção (PE), como parâmetro de avaliação de avaliação atmosférica. **In: Anais do 6º Congresso Nordestino de Ecologia**, João Pessoa, PB, p. 85. 1995.

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.

Nash, T. H. **Lichen Biology**. Cambridge, USA, Cambridge University Press led., 1996. 303p.

Odum, E.P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Kookan, 1988.

Pereira, E. C. **Biologia dos Líquens**. Departamento de Ciências Geográficas, Núcleo de Estudo do Meio Ambiente (NEMA/UFPE), 2000. (Série Textos Didáticos). 31p.

Pereira, E. C. **Produção de metabólitos por espécies de Cladoniaceae (líquen), a partir de imobilização celular**. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco. 240p, 1998.

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 biomonitores. **In: Anais IV Encontro Regional de Estudos Geográficos**. Garanhuns, PE. p.55. 1994.

Pessoa, M.B. **Vertente do Lério, sua origem, seu meio, sua gente**. Vertente do Lério, 1997.

Peters, E. L.; Pires, P. T. L. **Manual de Direito Ambiental**. Curitiba: Juruá, 2002.

Pilegaard, K. Airborne metals and SO₂ monitored by epiphytic lichens in an industrial area. **Environment Pollut**, 17: 81-91, 1978.

Reyes, A.; Molina, M. C.; Vicente, C.; Pereira, E. C. Influência da variação ambiental na composição fenólica de diferentes espécies de líquens. **In: Anais do Congresso de Ecologia do Brasil**, Londrina- PR, v.1, p22, 1994.

Rocco, R. (org). **Legislação Brasileira do meio ambiente**. Rio de Janeiro: DP&A, 2002.

Rundel, P. W. The ecological role of secondary lichen metabolites. **Biol. System. Ecol**, 6: 157-170, 1987.

Seaward M. R. D. **Lichen Ecology**. Academic Press, Inc. London, 1977. 550p.

Seaward M. R. D. Lichens and sulphur dioxide air pollution: field studies. **Environ. Rev.** 1 73-91. 1993.

Silva, R. A. ***Cladonia verticillaris* (líquen) como biomonitor do ar no Distrito de Jaboatão – PE.** 147p. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. Gestão e Políticas Ambientais (Área de Concentração: Gestão Ambiental; Inovação e Tecnologia Ambiental), 2002.

Szczepaniak, K.; Biziuk. M. Aspects of the biomonitoring studies using mosses and lichens as indicators of metal pollution. **Environmental Research** 93, 2003. 221-230.

Tarride, M;I. **Saúde Pública: Uma complexidade anunciada.** Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1998. p.107.

Vicente, C.; Ruiz, J. L.; Estévez, M. P. Mobilization of usnic acid in *Evernia prunastri* under critical conditions of nutrient availability. **Phyton**, 39, p. 15-20, 1980.

Vieira, m.M.; Chen, A .R.M.N.; Silva, M.E.C.; Silva, N.H.; Mota-Filho, F. O . Análise de clorofilas e feofitinas em líquens e plantas como parâmetro de indicação de poluição atmosférica (dados preliminares). **In: Anais do XLVI Congresso Nacional de Botânica**, Ribeirão Preto, SP. p. 186. 1995.

Xavier-Filho, L. **Inibição Fotooxidativa de β caroteno por cloroatranorina de *Parmelia tinctorum* Nyl.** 91p. Tese para professor titular – Laboratório de Tecnologia Farmacêutica, João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba, 1989.

Werneck, G.L. Vigilância Epidemiológica das Causas Externas. In: **Texto de Apoio em Vigilância Epidemiológica.** Organizado pela Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio – Rio de Janeiro: Ed. Fiocruz, 1998.p.113-119.

Wolterbeek, H. Th.; Verburg. T. G.; Herpin, U.; Thoni, L. Moss interspecies comparisons in trace element concentrations. **Environmental Monitoring and Assessment** 35: 263-286. 1995.

9 – ANEXOS

Universidade Federal de Pernambuco

Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais

Questionário

Nome: _____

Sexo: _____

Idade: _____

Grau de Instrução: _____

Profissão: _____

Endereço: _____

1 – Você apresenta tosse? Sim () Não ()

2 – Você espirra com frequência? Sim () Não ()

3 – Você sente falta de ar? Sim () Não ()

4 – Seus olhos ardem? Sim () Não ()

5 – Sente coceira no corpo? Sim () Não ()

6 – Tem dor de garganta? Sim () Não ()

7 – Sangramento nasal? Sim () Não ()

8 – Já foi internado? Sim () Não ()

Por que? _____

9 – Tem alguém doente em casa? Sim () Não ()

De que? _____

10 – Houve óbito em casa? Sim () Não ()

Causa: _____

*Com calcário dolomítico você terá
uma produtividade sem igual.*

*Use calcário calcítico para fortalecer
sua criação.*



*Telefax: (081) 221.1625 / 231.4268
Organização Henrique Queiroz*

ORGANIZAÇÃO: **CALCÁRIO RENOVA TERRA LTDA.**

ESCRITÓRIO: Av. Mário Melo, 86 - Sala 1501
50040-010 - Recife - PE

FÁBRICA: Rua Antonio Pessoa, s/nº
Vertente do Lério - PE 55768-000

O Calcário Renova Terra Ltda., está colocando na cidade de Vertente do Lério, a uma distância aproximada de 139km do Recife, em área privilegiada no que se refere às jazidas de pedras calcárias.

O estado de Pernambuco possui uma grande reserva de calcário em todo o seu território. Porém, a cidade de Vertente do Lério detém 57,58% de todo o calcário do estado, com aproximadamente 1,7 bilhões de toneladas



Foto da Fábrica

Use calcário Dolomítico sabendo o que seu solo necessita.

PH maior que 7	= solo alcalino
PH igual à 7	= solo neutro
PH menor que 7	= solo ácido
PH igual à 6,5	= ligeira acidez
PH entre 5 e 6	= acidez média
PH menor que 5	= acidez alta

Garantias do Produto

- Calcário Dolomítico (corretivo de solo)

CaO (mínimo)	= 31,0 %
MgO (mínimo)	= 15,5 %
PrNt (mínimo)	= 81,0 %
PN	= 100,0 %

- Calcário Calcítico (para ração animal)

CaO (mínimo)	= 37,0 %
Mg (máximo)	= 0,8 %
Matéria Mineral	= 96,0 %

- Granulometria

ABNT N° 10	= 99,0 %
ABNT N° 20	= 90,0 %
ABNT N° 50	= 60,0 %



Foto da Mina de Extração