



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR UTILIZANDO
ESPÉCIES ARBÓREAS NA CIDADE DE PATOS-PB**

Manoel Fernandes da Silva

**PATOS - PB-BRASIL
FEVEREIRO, 2011**

MANOEL FERNANDES DA SILVA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR
UTILIZANDO ESPÉCIES ARBÓREAS NA CIDADE
DE PATOS-PB**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural como parte das exigências à obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais, Área de Concentração Ecologia e Manejo dos Recursos Florestais

Orientadora:
Profa Dra.Patrícia Carneiro Souto

PATOS-PB-BRASIL
FEVEREIRO, 2011

FICHA CATALOGADA NA BIBLIOTECA SETORIAL DO CSTR/
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

S586a
2011

Silva, Manoel Fernandes da.

Avaliação da qualidade do ar utilizando espécies arbóreas na
Cidade de Patos – PB / Manoel Fernandes da Silva – Patos –
PB: UFCG/PPGCF, 2011.

51p.: il. color.

Inclui Bibliografia

Orientadora: Patrícia Carneiro Souto.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Centro de
Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina
Grande.

1. Qualidade do ar. 2- ecologia. 3- Meio Ambiente

CDU: 661.92

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR UTILIZANDO ESPÉCIES
ARBÓREAS NA CIDADE DE PATOS-PB**

AUTOR: MANOEL FERNANDES DA SILVA

Dissertação aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIAS FLORESTAIS – Área de Concentração Ecologia e Manejo dos Recursos Florestais pela Comissão Examinadora composta por:

Profa.Dra. Patrícia Carneiro Souto
UFCG/CSTR/UAEF (Orientadora)

Profº. Dr. José Augusto da Silva Santana
UFRN/DEF (1º Examinador)

Profº. Dr. Jacob Silva Souto
UFCG/CSTR/UAEF (2º Examinador)

Patos (PB), 14 de Fevereiro de 2011

A minha família que constitui a base mais sólida da minha vida. Juntos, dividimos as tristezas e alegrias.

Dedico

Na caminhada rumo à conquista dos objetivos é preciso refletir sobre ações que comprometam a natureza (Manoel F. Silva).

AGRADECIMENTOS

v

A Deus que me ilumina e me dar sabedoria para superar com serenidade as dificuldades e segura a minha mão para que eu não me perca na caminhada.

A Universidade Federal de Campina Grande, campus de Patos pela oportunidade de participar do seu Programa de Pós-Graduação.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, em Petrolina-PE, pela oportunidade de aperfeiçoamento dos meus conhecimentos ao ingressar na Pós-Graduação.

Aos meus pais (em memória), João Fernandes da Silva e Emília Soares de Abrantes que foram o exemplo maior aqui na terra. A Deus e a eles devo o que sou.

Em especial, a minha esposa Maria Neurismar Dantas Fernandes, pela dedicação, amor, carinho e paciência para comigo, Mateus e Lucas (nossos filhos). Amo muito todos vocês.

Aos meus filhos Mateus Vinícius e Lucas Emanuel por tudo que representam em nossas vidas. Vocês são o presente maior de Deus.

Aos meus irmãos, pela nossa amizade, pelo mundo que construímos juntos e, principalmente, pelo apoio recebido durante o tempo que fiquei na cidade de Sousa e em especial ao meu irmão Joãozinho que esteve presente durante a coleta e preparo do material e sempre me acompanhou nas viagens à cidade de Patos.

À minha irmã Iva, por tudo que conquistamos juntos e pela valorosa recepção e acolhida que sempre nos deu em sua residência na cidade de Sousa.

Aos meus sobrinhos Cleiton e Cleilton pela participação na determinação do fluxo automotivo na área selecionada no centro da cidade de Patos-PB.

Aos membros da Banca Examinadora, Profa Patrícia Carneiro Souto (Orientadora), Prof. José Augusto da Silva Santana e o Prof. Jacob Silva Souto, pelas valiosas contribuições que deram para o enaltecimento deste trabalho.

À Universidade Federal de Campina Grande, campus de Patos, pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Sertão Pernambucano pelo apoio e liberação para obtenção desse título.

À minha orientadora, Profa Patrícia Carneiro Souto, pela dedicação, paciência e disponibilidade para com o trabalho de orientação. A ela devo grande parte dessa conquista e lhe serei eternamente grato.

Ao Prof. Jacob Silva Souto pelas contribuições enriquecedoras para elucidação deste trabalho.

À professora Profa Joedla Rodrigues de Lima pelo apoio e incentivo enquanto estive à frente da Coordenação de Pós-Graduação e enquanto professora da disciplina Ecologia e Meio Ambiente.

À Profa Ivonete Bakke pelo trabalho desenvolvido na disciplina Língua Estrangeira e pelo carinho e atenção para com a nossa turma.

À Profa Maria de Fátima Freitas (Polivalente II - Sousa-PB) pela disponibilidade para a correção gramatical do texto deste trabalho.

Aos amigos, em especial a Ednaldo Barbosa Pereira Júnior pela valiosa contribuição durante todo o trajeto deste trabalho.

À minha turma de mestrado pelos momentos de estudo que compartilhamos e, em especial, a Edilberto pela acolhida em sua casa para o estudo de estatística.

À Nara, secretária da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pela dedicação, atenção e humildade no atendimento às solicitações.

Ao Engenheiro Florestal e mestrando Pierre Farias de Souza pela atenção e colaboração imprescindível a este trabalho.

Ao meu amigo e cunhado Antônio Vicente de Sousa Videres pelo incentivo e por disponibilizar seus equipamentos de informática para a concretização final desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Poluição Atmosférica.....	3
2.2 Classificação dos Poluentes Atmosféricos.....	6
2.3 Poluentes Gasosos Tóxicos às Plantas.....	7
2.4 Biomonitoramento.....	7
2.5 Bioindicadores da Qualidade do ar.....	9
2.6 Bioacumuladores.....	11
2.6.1 Principais Características de um Bioacumulador.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Área de Estudo.....	13
3.2 Coleta de Dados.....	15
3.2.1 Levantamento dos Indivíduos Arbóreos.....	15
3.2.2 Análise da Estrutura Vertical.....	18
3.2.3 Coleta e Preparo do Material Vegetal	20
3.2.3.1 Análise Química do Material Foliar.....	21
3.2.4 Determinação do Fluxo de Veículos Automotores.....	22
3.3 Análise de Dados.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 Características Dendrométricas das Espécies	23
4.2 Fluxo Veicular nas Avenidas	29
4.3 Teores dos Elementos no Material Vegetal	29
5 CONCLUSÕES	42
6 CONSIDERAÇÕES RELEVANTES	43
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
APÊNDICES	48

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR UTILIZANDO ESPÉCIES ARBÓREAS NA CIDADE DE PATOS, PB

RESUMO

O biomonitoramento é uma técnica bastante viável nos dias atuais utilizada na identificação da qualidade do ar nos grandes centros urbanos. Este trabalho teve como objetivo avaliar os possíveis contaminantes atmosféricos em avenidas principais na cidade de Patos-PB, através da análise de vegetais arbóreos usados como bioindicadores. O estudo foi realizado com material vegetal foliar de espécies arbóreas existentes no centro da cidade de Patos-PB no cruzamento das Avenidas Solon de Lucena/Epitácio Pessoa Pedro Firmino e na Fazenda Nupeárido (área controle) numa faixa linear de 100m. O material foliar, após seco em estufa a 65°C e reduzido, em moinho tipo Wiley, à partículas com dimensões inferiores a 1mm, foi enviado ao Laboratório de Solo da EMBRAPA Semiárido em Petrolina-PE para determinação dos teores dos elementos químicos S, Fe, Zn e C. Os resultados obtido apontam para uma influência relevante da queima de combustíveis fósseis por veículos automotores no aumento dos teores desses elemento, principalmente S, na atmosfera do grandes centros urbanos. As espécies nim e algaroba se destacaram como acumuladores de S, o principal poluente proveniente da queima de combustíveis fósseis.

Palavras chave: Bioindicadores, poluição atmosférica, arborização urbana

ASSESSMENT OF AIR QUALITY USING TREE SPECIES IN THE CITY OF PATOS - PB

ABSTRACT

Biomonitoring is quite a practicable technique nowadays used in the identification of the air quality in great urban centers. This work had as an objective to evaluate the possible atmospheric pollutants in the main avenues in the city of Patos-PB, throughout the analysis of tree vegetables used as bioindicators. The study was conducted with foliar vegetable material of arboreal species in downtown of Patos-PB. The data were collected in the intersection between Solon de Lucena and Eptácio Pessoa Pedro Firmino Avenues, using as control parameters values taken in Nupearido Farm in a lineal strip of 100m. The foliar material, after been dried in stove at 65°C and reduced, in a Wiley mill, to particles with dimensions inferior to 1mm. The material was sent to the EMBRAPA Semiárido's Soil Laboratory Semiárido in Petrolina-PE to determine content of the following chemical elements: S, Fe, Zn and C. The results obtained point to an important influence of fossil fuel burn by vehicles in the elements content increase, especially S, in the atmosphere of great urban centers. The species nim and algaroba stood out as accumulators of S, the main pollutant due to fossil fuel burn.

Key words: Bioindicators, atmospheric pollution, urban arborization.

1 INTRODUÇÃO

A problemática da poluição ambiental, antes mais restrita a países industrializados, tem hoje caráter universal. A crescente emissão de gases e partículas poluentes, oriundos de atividades antrópicas, que degradam a qualidade do ar nos grandes centros urbanos, tem provocado o aumento de doenças respiratórias da população que variam de acordo com o tempo de exposição e a toxicidade do poluente, e isso a cada dia aumenta a preocupação dos órgãos gestores de saúde pública.

As plantas existentes nas áreas urbanas podem e devem ser usadas como instrumento de descontaminação atmosférica, e, devido a isto, é preciso entender essas plantas, suas interações com a poluição e o comportamento com as diversas espécies que as formam (MOREIRA, 2010). Segundo esse autor, o estudo da concentração dos elementos provenientes da poluição atmosférica encontrados nas folhas das árvores dos centros urbanos permite uma mínima compreensão da interação da vegetação com a poluição atmosférica.

Os poluentes do ar nos centros urbanos são inúmeros, provenientes das mais diversas fontes, sendo a queima de combustíveis fósseis a principal causa geradora destes elementos na atmosfera. Muitos poluentes podem ser originados de fontes naturais, acumulando-se ao longo do tempo, porém, os poluentes de origem antrópica estão presentes na atmosfera em grandes quantidades (CETESB, 1996).

De acordo com o CONAMA (1990) em sua Resolução de nº 03, de 28 de junho os poluentes do ar são qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e a flora e às atividades normais da comunidade.

A industrialização é um fator relevante para a degradação ambiental sob vários aspectos, incluindo a poluição atmosférica. A avaliação dos problemas da contaminação do ar teve início nas proximidades das fontes industriais, evoluindo para os centros urbanos e sistemas de transportes, chegando até a uma análise de contaminação global, já que não há fronteiras para a disseminação de poluentes (CARNEIRO, 2004).

A avaliação do índice de poluição atmosférica local é extremamente importante, pois somente através desta avaliação é possível indicar pontos com maior índice de poluentes, estudar seus possíveis causadores e assim tomar medidas para que este mal seja alterado, sabendo que, altos índices de poluentes atmosféricos podem causar graves problemas na saúde, destacando os problemas respiratórios e as mudanças no sistema imunológico (GONÇALVES et al. 2005).

É de reconhecimento mundial a utilização do biomonitoramento como ferramenta imprescindível na avaliação da qualidade ambiental. O biomonitoramento atmosférico, que é o uso de vegetais como ferramentas na avaliação da qualidade do ar, recorre a metodologias simples e baratas e reproduz de maneira mais fiel a qualidade do ar de uma localidade, uma vez que avalia respostas de sistemas biológicos de modo integrado.

A cidade de Patos (PB), um grande centro urbano do Sertão Paraibano, é afetada pelos impactos ambientais, pois comporta grande massa populacional intenso fluxo automotivo, diminuição de áreas verdes, assim como produção de ruídos. Considerando todos esses fatores, há uma crescente preocupação em relação à qualidade do ar na cidade de Patos e para isso faz-se necessária a aplicação de técnica de monitoramento utilizando vegetais arbóreos como bioindicadores da qualidade do ar.

O presente estudo objetivou avaliar os possíveis contaminantes atmosféricos em avenidas principais da cidade de Patos-PB, através da análise de vegetais arbóreos usados como bioindicadores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Poluição atmosférica

De acordo com Rocha et al. (2004), a atmosfera pode ser dividida em camadas, que estão relacionadas com propriedades químicas e físicas, mas que influem diretamente na tendência de mudança de temperatura da atmosfera de acordo com a altura. A primeira camada que se estende do nível do mar até cerca de 16 quilômetros de altitude é conhecida como troposfera. Nela, a temperatura diminui com o aumento da altitude, resultado do calor emanado da superfície do solo que se dissipa na atmosfera. Apenas a troposfera mantém contato direto com a crosta terrestre e com os seres vivos. Ela é o elemento básico para a sobrevivência dos organismos aeróbicos, os quais utilizam oxigênio livre (O_2) em sua respiração.

Ainda segundo o mesmo autor, a atmosfera não é composta apenas por gases, há também material sólido como poeira em suspensão, pólen, microorganismos, entre outros. E há ainda uma porção líquida dispersa. A porção gasosa do ar é composta de aproximadamente de 78% de nitrogênio (N_2) e 21% de oxigênio (O_2). O 1% restante é formado por uma infinidade de gases minoritários, tais como dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), hidrogênio (H_2), dióxido de nitrogênio (NO_2), dióxido de enxofre (SO_2), ozônio (O_3) e gases nobres.

A poluição pode ser considerada um dos mais importantes fatores antropogênicos, mas ela também pode ser produzida por fenômenos naturais, como nas erupções vulcânicas, vegetação em áreas alagadas e descargas elétricas que são capazes de lançar substâncias fitotóxicas no ar. As interações dos poluentes com as plantas podem ser benéficas ao ambiente e ao homem. Essa vegetação pode acumular, transformar e absorver poluentes. Mesmo quando sofre danos causados pela poluição pode ser benéfica ao homem, pois pode indicar a presença de substâncias indesejáveis e, portanto, prejudiciais ao meio ambiente (MOREIRA, 2010).

O sol, o ar, a água e o solo fornecem a energia, os nutrientes e o meio necessário para a sobrevivência das plantas. Entretanto, o habitat contém substâncias fitotóxicas em concentrações capazes de causar danos. O SO_2 ,

proveniente das emissões vulcânicas, como também partículas de poeira transportadas pelo ar, são potencialmente perigosas às plantas (LARCHER, 2006).

A emissão de grande quantidade de gases poluentes para a atmosfera é responsável pela redução da qualidade do ar nos centros urbanos. Entre os poluentes encontrados, os mais importantes são o ozônio (O₃), o dióxido de nitrogênio (NO₂), o dióxido de enxofre (SO₂), o monóxido de carbono (CO) e as partículas em suspensão (KLUMPP et al., 2001).

Diversas substâncias fitotóxicas entram na atmosfera como consequência de processos industriais e, especialmente, por meio do excessivo consumo de combustíveis fósseis (LARCHER, 2006).

A arborização urbana geralmente sofre grandes pressões e encontram diversos problemas, desde adversidades climáticas, espaços restritos, poluição atmosférica, solos inadequados e disputa da área com construções, é um ambiente em transformação. E é nesse ambiente que é preciso buscar um convívio harmônico entre a vegetação e a infra-estrutura urbana. Os benefícios da floresta urbana na cidade são inúmeros, de modo que o plantio é extremamente benéfico. As árvores têm efeito estético, captação de água, retenção e filtragem de poluentes atmosféricos, controle de temperatura (MOREIRA, 2010).

Cada poluente gera uma interação diferente com a vegetação, assim como a reação das plantas ao poluente também varia entre espécies e estágio de crescimento (BAYCU et al., 2006).

Segundo Larcher (2006), o efeito da poluição sobre uma planta, de modo que sejam afetadas as suas funções vitais, depende dos seguintes fatores: espécies; forma de crescimento; idade; fase da atividade da planta; vigor da vegetal; condições climáticas; propriedades químicas; concentração; duração do poluente.

Segundo Baycu et al. (2006) os tecidos das plantas refletem os elementos encontrados próximos a fonte emissora porque as plantas interagem com o ambiente local.

A absorção de metais pesados pelas plantas é facilitada por mecanismos próprios de transporte e acumulação, pois vários metais pesados são realmente necessários às plantas como micronutrientes. Assim, a planta não pode evitar a entrada de elementos tóxicos pelos mesmos mecanismos. Seu efeito tóxico ocorre principalmente no transporte eletrônico da respiração e da fotossíntese e na inativação de enzimas vitais (LARCHER, 2006).

Os metais pesados quando presentes na superfície foliar causam efeitos negativos na taxa fotossintética, fechando os estômatos e diminuindo a penetração da luz (BAYCU et al., 2006).

Os metais pesados como o Cu e o Zn são essenciais para o crescimento das plantas, entretanto concentrações elevadas de metais essenciais podem resultar em inibição de crescimento e sintomas de toxicidade (HALL, 2002).

Na vegetação, o Fe não tem grande mobilidade e seu acúmulo preferencial é nas folhas. É responsável pelo metabolismo basal, reações de óxido redução, metabolismo de N e síntese de clorofila (LARCHER, 2006).

Os teores de chumbo (Pb) e zinco (Zn) nas folhas de espécies arbóreas diminuíram na cidade de Roma com a redução da quantidade de chumbo nos combustíveis fósseis e com o uso de catalisadores pelos veículos automotivos (GRATANI et al., 2008).

Segundo Gratani et al. (2008), espécies arbóreas perenes constituem as melhores armadilhas para a captura de partículas por causa de sua longevidade e suas folhas podem acumular poluente ao longo do ano.

De acordo com Moreira (2010), elemento como o Zn possui um acúmulo constante durante o ano, já o Fe acumula mais na primavera e início do verão. O Fe está relacionado com a poeira e ressuspensão do material particulado. Ele está presente tanto na composição química da terra como pode ser gerado no desgaste de peças metálicas dos veículos.

Entre os poluentes transportados pelo ar, um dos mais prejudiciais às plantas é o dióxido de enxofre (SO₂). Esse gás foi emitido a mais de 4000 anos pelo homem a partir da fusão de minerais contendo enxofre. Desde que existe vida na terra, as emissões vulcânicas têm sido fonte de SO₂. Conhece-se mais sobre os efeitos do dióxido de enxofre nas plantas do que qualquer outro gás tóxico, e este também é o gás aos quais as plantas têm sido capazes de se adaptar genotipicamente (LARCHER, 2006). Ainda de acordo com Larcher (2006), o SO₂ pode entrar na folha por meio da abertura estomática e se os estômatos estão fechados, o SO₂ pode vencer a resistência cuticular e entrar na folha por esta via.

Os efeitos negativos causados pela contaminação do ar sobre determinadas espécies animais e vegetais, denominadas bioindicadoras ou biomonitoras, podem ser utilizadas para avaliação qualitativa e quantitativa da contaminação atmosférica, delimitando-se, com isso, os riscos impostos aos sistemas biológicos. Essa

abordagem metodológica denomina-se monitoramento biológico, biomonitoramento ou bioindicação (SAVÓIA, 2007).

As plantas absorvem o enxofre na forma de SO_2 e SO_4^{2-} , porém não costumam absorver mais do que necessitam e é pouco móvel na planta. Ele é componente do protoplasma e enzimas. Seu acúmulo ocorre geralmente nas folhas e sementes (LARCHER, 2006).

Em plantas, o NO_2 pode entrar nas folhas através das aberturas estomáticas e, também, difundir-se rapidamente através da cutícula. Quando em contato com o fluido extracelular, na parede celular, o NO_2 dissolve-se, formando os ácidos fortes HNO_2 e HNO_3 , que se dissociam em nitrito e nitrato, respectivamente. Estes íons podem ser absorvidos ativamente pelas células vivas e utilizados pela planta, como fonte de nitrogênio, na síntese protéica. (STULEN et al., 1998).

A qualidade do ar pode ser avaliada utilizando-se métodos físico-químicos, porém, estes resultados não permitem conclusões imediatas sobre os impactos das concentrações ambientais destes poluentes nos seres vivos. Assim, o uso de bioindicadores é a metodologia mais indicada para a detecção de efeitos de poluentes atmosféricos sobre os organismos (KLUMPP et al., 2001).

2.2 Classificação dos poluentes atmosféricos

Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar (CONAMA, 1990): I) impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; II) inconveniente ao bem-estar público; III) danoso aos materiais, à fauna e flora; IV) prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Nas áreas com grande concentração de habitantes, são verificados dois tipos de fonte de emissão de poluentes atmosféricos: móvel, que engloba a frota de veículos automotores, e estacionária, que abrange as atividades industriais (CETESB, 2007).

Os poluentes atmosféricos podem ser classificados em poluentes primários, aqueles emitidos diretamente da fonte e em secundários, os que são formados na atmosfera, como o ozônio, devido às reações químicas entre os próprios poluentes primários e os secundários naturais atmosféricos (SAVÓIA, 2007).

Entre os poluentes primários, destacam-se as partículas inaláveis ou material particulado (MP), partículas totais em suspensão (PTS), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂) e monóxido de carbono (CO) (CETESB 2007).

2.3 Poluentes gasosos tóxicos às plantas

Entre os gases tóxicos, o dióxido de enxofre é o que provoca mais injúrias à vida das plantas. O SO₂, os óxidos nítricos(NO e NO₂) e o ozônio(O₃) são gases que podem entrar nas folhas das plantas através de aberturas estomáticas. Os óxidos de nitrogênio na atmosfera são uma fonte deste nutriente para as plantas, mas também exercem efeitos negativos, como, por exemplo, a acidificação das folhas. O ozônio dissocia-se rapidamente nos tecidos vegetais e forma oxigênio molecular e peróxidos. Os peróxidos afetam todas as biomembranas limitando todos os processos de transferência. Em seguida a necrose aparece e se espalha além do local onde o gás entrou na folha (LARCHER, 2006).

Concentrações elevadas de SO₂ poderão causar excesso de sulfato no solo e na planta. A resposta da planta a esse excesso parece não ser dependente apenas da concentração do gás e da duração do tempo de exposição, mas também de fatores ambientais e fisiológicos (Rennenberg, 1984).

2.4 Biomonitoramento

Biomonitoramento pode ser definido como um método experimental indireto de se verificar a existência de poluentes numa certa área, utilizando-se de organismos vivos que respondem ao estresse a que se encontram submetidos por modificações nos ciclos vitais ou pela acumulação de poluentes (ROSSBACH et al.,1999).

Segundo Hawksworth (1992), são considerados como bioindicadores organismos que expressam sintomas particulares ou respostas que indiquem mudanças em alguma influência ambiental, geralmente de forma qualitativa.

Biomonitores são organismos, cuja distribuição e populações são estudados durante um certo espaço de tempo, e comparados a um modelo, onde os desvios do esperado são avaliados. Organismos com íntimas relações ecofisiológicas com a atmosfera são, particularmente, candidatos promissores para a bioindicação e, conseqüentemente, monitoramento da poluição do ar. A diferença entre bioindicadores e biomonitores se dá unicamente pelo tipo de respostas que eles podem fornecer. Enquanto os bioindicadores provêm informações sobre a qualidade do ambiente ou de suas modificações, as "respostas" dos biomonitores possibilitam quantificar tais modificações (WOLTERBEEK et al., 1995).

Segundo Klumpp et al. (2001), os resultados de métodos físico-químicos da avaliação da qualidade do ar não permitem conclusões imediatas sobre os impactos das concentrações atuais de poluentes em seres vivos.

A partir de meados do século passado, iniciou-se o processo de utilização de organismos vivos, como método auxiliar de detecção de alterações perigosas da qualidade do ambiente, que foi denominado de biomonitoramento (XIAO et al.; 1998).

O critério de seleção para uma planta ser utilizada no biomonitoramento é que ela deve ser encontrada em grande número na área a ser monitorada e sua amostra deve ser fácil e barata. As plantas têm uma boa dispersão, permitindo uma alta densidade de pontos amostrais (GRATANI et al., 2008).

O uso de plantas no seu habitat natural (in situ) é chamado de biomonitoramento passivo. Dependendo da seleção das espécies (sensíveis/não sensíveis), as reações decorrentes são principalmente danos das folhas ou acúmulo de substâncias depositadas. O monitoramento passivo pode ser realizado também em vegetação natural, arbustos, sementes, etc. Desse modo, as plantas estão em seu ecossistema natural e são influenciadas pela poluição atmosférica direta ou indiretamente (via solo) durante um tempo relativamente longo. Outro método importante é o biomonitoramento ativo, uma vez que se exclui a influência de variáveis como estrutura do solo. Neste método, dependendo do objetivo, podem ser utilizadas espécies sensíveis (bioindicadoras), como espécies resistentes (bioacumuladoras) (NOGUEIRA, 2006).

Em relação aos métodos tradicionais de verificação dos níveis de poluentes, o biomonitoramento apresenta vantagens como: baixo custo de instalação e acompanhamento; ausência, em geral, de aparelhagem sofisticada de medição;

eficiência no monitoramento de áreas amplas e períodos longos de tempo; e, viabilidade de se avaliar elementos químicos presentes em baixas concentrações no ambiente em estudo (CARRERAS e PIGNATA, 2001).

Alguns autores referem-se à dificuldade em se diferenciar nos organismos vivos, os efeitos de poluentes e processos de reações às demais condições ambientais, como solo, clima e alterações antrópicas. Assim, o biomonitoramento torna-se mais adequado quando fornece dados que podem ser comparados com informações obtidas pelos métodos convencionais de monitoramento ambiental (KLUMPP et al., 2001).

Apesar dos efeitos observados em plantas não poderem ser extrapolados para populações humanas, os resultados de experimentos com plantas podem ser considerados para esse fim, considerando a grande sensibilidade de tais organismos, mesmo em situações de baixos níveis de contaminação do ar. Assim, é admissível considerar que se um poluente não causa nenhum dano detectável para a maioria das espécies vegetais sensíveis, não afetará também as demais espécies, incluindo o homem (GUIMARÃES et al., 2000).

A coleta sistemática, padronizada e documentada de dados sobre os efeitos sofridos em organismos bioindicadores permite a comparação desses resultados e a implantação de um terceiro sistema de controle da qualidade ambiental, além daqueles já consagrados pelas agências de controle, que registram e analisam, com regularidade, as emissões e as concentrações de poluentes na água, no ar e no solo (KLUMPP et al., 2001).

Nesse contexto, a definição de biomonitoramento mais aceita é o uso sistemático das respostas de organismos vivos para avaliar as mudanças ocorridas no ambiente, geralmente causadas por ações antropogênicas (MATTHEWS et al., 1982).

2.5. Bioindicadores da qualidade do ar

Bioindicadores são plantas que mostram sintomas visíveis tais como necroses, cloroses, distúrbios fisiológicos tais como queda de flores e frutos, redução do número de diâmetro de flores e da taxa de crescimento (NOGUEIRA, 2006).

As plantas diferem em sua sensibilidade aos poluentes atmosféricos, podendo ser usadas como bioindicadoras da qualidade do ar. Algumas espécies são particularmente susceptíveis à poluição (bioindicadores de reação), enquanto outras podem acumular os poluentes em altas concentrações sem que sintomas visíveis sejam observados (bioindicadores de acumulação) (KOZLOWSKI, 1980).

Segundo Nogueira (2006), os bioindicadores têm que preencher alguns requisitos, dependendo do objetivo desejado. Geralmente eles devem ser: facilmente manuseáveis; as condições de reação e acumulação devem ser conhecidas; os efeitos devem ser quantificáveis; a avaliação do sinal produzido deve ser fácil. De acordo com o autor, os bioindicadores vegetais surgiram como uma alternativa aos instrumentos convencionais no controle de poluição ambiental, pois apresentam vantagens como: a medição de vários contaminantes presentes em grandes áreas; monitoramento de vários lugares simultaneamente; o cultivo e manutenção de plantas apresentam baixo custo e são de fácil execução; realização de experimento in situ, ou seja, quando as plantas são expostas diretamente ao ambiente em estudo; se o biomonitoramento in situ com plantas for realizado de maneira padronizada, os resultados obtidos podem servir para delimitar, prever e até minimizar riscos à saúde da população humana.

As alterações causadas por poluentes atmosféricos levam a sintomas como clorose e necrose em tecidos e órgãos, que podem evoluir, levando o indivíduo à morte (LARCHER, 2006).

As árvores ajudam a melhorar a qualidade do ar pela presença da área de superfície foliar, na qual os particulados de poluentes podem ser atraídos e se acumularem nos estômatos, sendo dissolvidos e liberados durante as trocas gasosas (NOVAK e McPHERSON, 1993).

A poluição pode ser considerada um dos mais importantes fatores introduzidos pelo homem e pelos fenômenos naturais. As interações dos poluentes com as plantas podem ser benéficas ao ambiente e ao homem. Essas plantas podem acumular, transformar e absorver poluentes. Mesmo quando sofre danos causados pela poluição essas plantas podem ser benéficas ao homem, pois podem ser bioindicadoras da presença de poluentes no ecossistema (MOREIRA, 2010).

A distribuição de espécies e o diâmetro das copas são dois parâmetros fundamentais para determinar o carbono armazenado, visto que cada espécie tem diferentes taxas de carbono armazenado; por exemplo, árvores de pequeno porte

têm baixo nível de carbono em relação às de grande porte. Desse modo, o plantio de árvores urbanas de grande porte, torna-se um argumento forte no planejamento urbano por proporcionar redução significativa do nível de carbono atmosférico (NOVAK, 1993).

Os bioindicadores são muito úteis por sua especificidade em relação a certos tipos de impacto, já que inúmeras espécies são comprovadamente sensíveis a um tipo de poluente, mas tolerantes a outros (WASHINGTON, 1984).

2.6 Bioacumuladores

São plantas em geral menos sensíveis à poluição atmosférica, mas que acumulam gases e partículas em seus tecidos. Os poluentes gasosos entram, em geral, em suas folhas; os particulados são geralmente acumulados na superfície da folha e as substâncias orgânicas lipofílicas se acumulam primeiramente nas camadas cerosas das plantas. Além disso, ocorrem processos de troca iônica entre os tecidos e a superfície das folhas (NOGUEIRA, 2006).

Algumas espécies vegetais proporcionam maior sensibilidade de detecção de impactos quando selecionadas com base no conhecimento do processo de bioacumulação de elementos químicos nos compartimentos. A identificação de espécies nativas bioacumuladoras facilita a monitoração da unidade de conservação com relação ao fluxo de elementos químicos, dispensando o emprego de organismos exóticos. A existência de organismos bioacumuladores independentemente do ambiente de desenvolvimento indica a absorção ativa de elementos químicos, ou seja, torna-se possível estabelecer padrão intrínseco de reconhecimento das espécies arbóreas utilizando-se da composição química de folhas, por exemplo (FRANÇA, 2006).

2.6.1 Principais características de um bioacumulador

Segundo Conti e Cecchetti (2001), as características de um bom acumulador, são:

- acumular os poluentes sem, entretanto, ocorrer à morte da planta;
- ter uma larga distribuição geográfica;

- ser disponível durante todo o ano e abundante para permitir a coleta de tecidos suficientes para análise;
- ser de fácil coleta e resistente às condições de laboratório, bem como ser utilizável em estudos de laboratório de absorção de contaminantes;
- ter um alto fator de concentração para o contaminante em estudo para permitir a análise direta, sem pré-concentração;
- ter uma correlação simples entre a quantidade de contaminante contida no organismo e a concentração média de contaminante no ambiente;
- ter o mesmo nível de correlação do contaminante em todo o local de estudo e sob as mesmas condições.

Segundo Nogueira (2006), é mais fácil monitorar elemento que estão presentes em baixas concentrações nas plantas do que elementos que são essenciais para o crescimento do planta, ou elementos não essenciais mas de fácil absorção. Ainda segundo o autor, plantas bioacumuladoras são usadas principalmente para monitorar deposição de metais pesados. Isto se deve não só à disponibilidade de plantas superiores em áreas contaminadas, mas, também porque essas plantas representam uma importante ligação com a cadeia alimentar.

3 MATERIAL E MÉTODO:

3.1 Área de estudo:

O estudo foi desenvolvido na cidade de Patos-PB, localizada na mesorregião Sertão Paraibano, distante 301 km da capital João Pessoa. A cidade localiza-se no centro do Estado com vetores viários interligando-a com toda a Paraíba e viabilizando o acesso aos Estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco e Ceará (Figura 1).

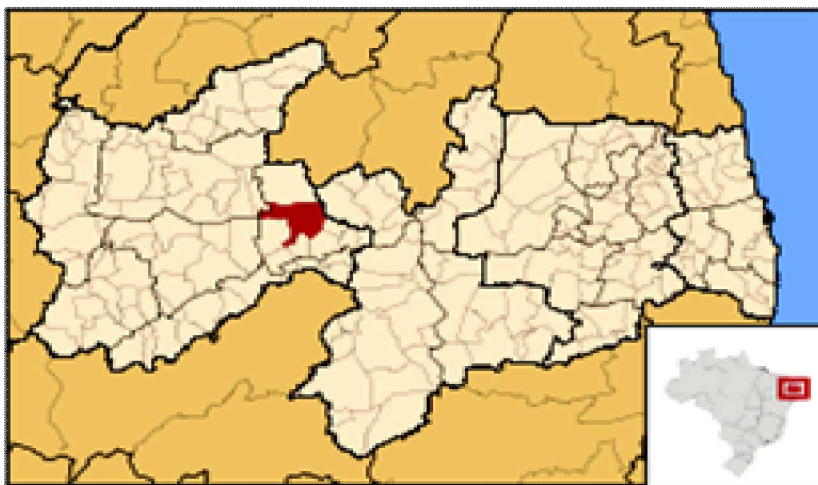


Figura 1. Localização do município de Patos, Estado da Paraíba, Brasil.

O município localiza-se a $07^{\circ}01'28''$ de Latitude Sul, $37^{\circ}16'48''$ de Longitude Oeste, com altitude média de 242 m. De acordo com a classificação de Köppen (1948) o clima é do tipo BSh (quente e seco), com temperatura máxima de 38°C e mínima de 28°C .

De acordo com o IBGE (2010), a população do município de Patos é de 100.695 habitantes e devido ao seu porte a cidade se destaca, na região, pela existência de várias escolas de ensino médio e fundamental, Faculdades e Universidades, onde diariamente recebe um grande número de veículos de médio e grande porte de vários municípios que transportam dezenas de estudantes.

Duas áreas foram escolhidas para o presente estudo: i) as Avenidas Pedro Firmino, Solon de Lucena e Epitácio Pessoa no centro da cidade de Patos-PB por

possuírem significativas extensões de trânsito de veículos automotores (Figura 2); e ii) outra denominada controle localizada na Fazenda Nupeárido, pertencente a Universidade Federal de Campina Grande, distante 6 Km da cidade de Patos.

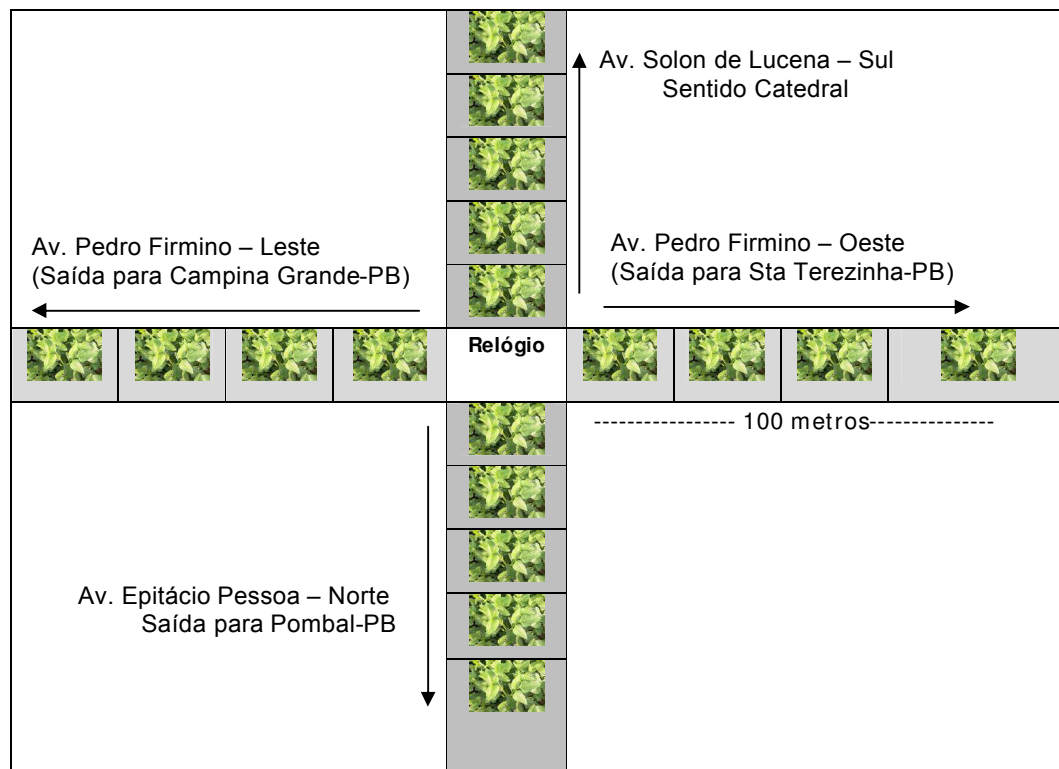


Figura 2. Croqui do cruzamento das Avenidas Solon de Lucena/Epitácio Pessoa e Pedro Firmino, na cidade de Patos (PB) onde foram realizadas as amostragens

A escolha das áreas no centro da cidade de Patos-PB, deveu-se ao fato de se tratar das principais avenidas da cidade, que liga a mesma aos municípios de Campina Grande, Teixeira, Pombal e Santa Terezinha, sendo o fluxo automotivo intenso nestes locais. De acordo com Circunscrição Regional de Trânsito (CIRETRAN, 2010), a cidade de Patos conta atualmente com uma frota de aproximadamente 24.123 veículos e que diariamente aumenta consideravelmente com o transporte de estudantes das cidades circunvizinhas. Por este quadro tipicamente de área urbana com um fluxo automotivo relativamente alto, principalmente no setor escolhido para este estudo, surgiu a preocupação com a qualidade do ar e com a saúde da população.

Os critérios para escolha da área controle (Fazenda Nupeárido) foram: i) a proximidade e o fácil acesso com o Centro de Saúde e Tecnologia Rural/UFCG; ii) a

existência de espécies arbóreas semelhantes a das avenidas avaliadas; e iii) pouco trânsito de veículos automotores.

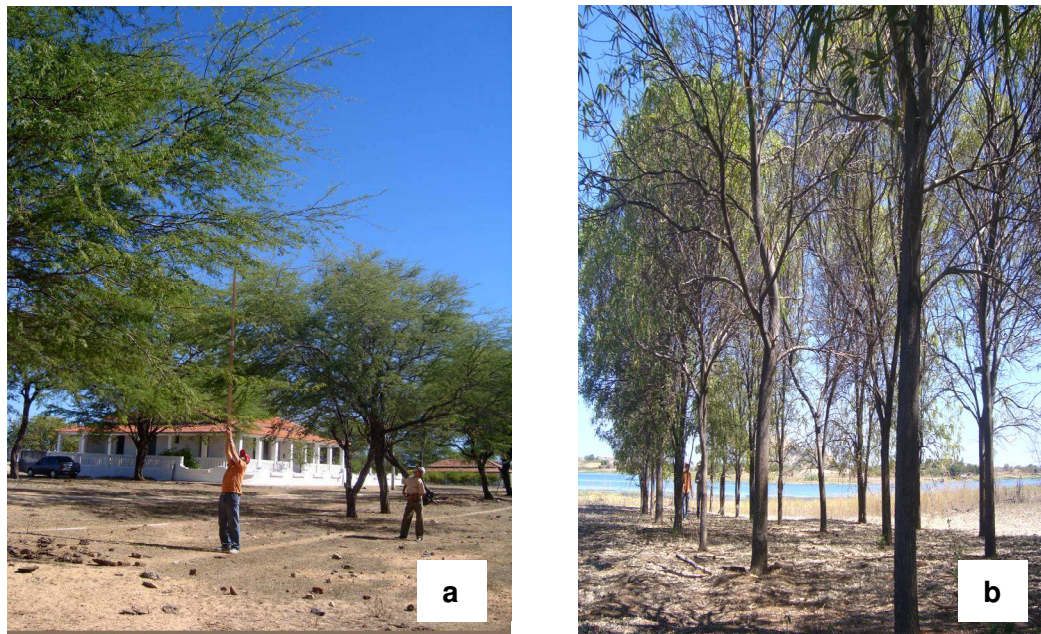


Figura 3. Vista geral da vegetação na sede da Fazenda Nupeárido sentido Norte/Sul (a) e Leste/Oeste (b)

3.2 Coleta de dados

Os dados para a pesquisa foram obtidos em uma única coleta realizada em julho de 2010, final do período chuvoso na região, onde se procedeu o levantamento das espécies nas avenidas do centro da cidade e da área controle, juntamente com a coleta de material vegetal para análise dos elementos.

3.2.1 Levantamento dos indivíduos arbóreos

A partir do marco central que separa as avenidas foi estabelecida uma faixa linear de 100 m de comprimento, sentido norte-sul e leste-oeste, onde os critérios de escolha dos pontos amostrais foram à representatividade, acessibilidade e fluxo contínuo de veículos. Em seguida foi feito o inventário quantitativo e qualitativo dos indivíduos arbóreos presentes nos canteiros centrais, dentro da faixa estipulada (Figura 4).



Figura 4. Vista geral da vegetação nas avenidas Pedro Firmino (a) e Solon de Lucena (b), no centro de Patos-PB

Todos os indivíduos vivos das espécies presentes nas áreas de amostragem que tinham circunferência à altura do peito (CAP) igual ou maior que 10 cm foram registrados sendo a circunferência mensurada com fita métrica (Figura 5) e a altura medida com auxílio de uma régua graduada (Figura 6).



Figura 5. Medição da circunferência na base de indivíduos arbóreos utilizando fita métrica

Foi considerado como indivíduos, plantas com qualquer fuste bifurcado, trifurcado e demais emissões a partir da altura de medição da circunferência a 30 cm do solo, pertencentes a um mesmo sistema radicular considerado uma árvore.



Figura 6. Medição da altura de indivíduos arbóreos com o auxílio de régua graduada

As espécies identificadas e selecionadas no cruzamento das avenidas Pedro Firmino e Sólon de Lucena, na faixa linear adotada (Tabela 1), fazem parte do paisagismo urbano do centro da cidade de Patos – PB.

Tabela 1. Espécies arbóreas identificadas e selecionadas no centro da cidade de Patos-PB

Nome Vulgar	Nome Científico
Algaroba	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.)
Nim Indiano	<i>Azadirachta indica</i> (A. Juss)
Craibeira	<i>Tabebuia aurea</i> (S. Manso)
Esponjinha	<i>Acacia cultriformis</i> (A. Cunn)
Mata Fome	<i>Pithecellobium dulce</i> (Benth)
Farinha Seca	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub

Os dados concernentes a cada espécie foram anotados em fichas de coleta de campo, a exemplo do nome popular das espécies e algumas características da planta como cor e estrutura do caule, presença de goma, resina, látex, floração, dentre outras características relevantes. As informações foram coletadas em tabelas

de campo considerando os aspectos localização e dados sobre cada indivíduo arbóreo. Para esses dados foram considerados:

- **Localização;**
- **Nome comum da espécie;**
- **Circunferência a altura do peito (CAP):** Circunferência do tronco medida a 1,30m do solo com o auxílio de uma fita métrica;
- **Altura das árvores:** foi feita usando uma régua graduada.
- **Porte da árvore**
 - 1- Jovem
 - 2- Adulta
 - 3- Velha
- **Integridade da árvore**
 - 1- Íntegra
 - 2- Danificada
- **Estado Fenológico (EF)**
 - 1- Florando
 - 2- Com Fruto
 - 3- Normal

3.2.2 Análise da Estrutura Vertical

A análise da estrutura vertical dá uma idéia da importância da espécie considerando a sua participação nos estratos verticais que o povoamento apresenta. Para isso foi utilizado o software Mata Nativa, versão 2.0, onde os dados dendométricos foram analisados. Os indivíduos foram distribuídos em três classes de altura: estrato inferior, estrato médio e estrato superior, de acordo com a altura média e o desvio padrão das alturas.

Para estudar a posição sociológica de cada espécie na comunidade, o povoamento pode ser dividido em três estratos de altura total (h_j) segundo o seguinte procedimento (SOUZA e LEITE, 1993):

Estrato Inferior: árvore com, $h_j < (\bar{h} - 1 * S)$

Estrato Médio: árvore com, $(\bar{h} - 1 * S) \leq h_j < (\bar{h} + 1 * S)$

Estrato Superior: árvore com $h_j \geq (\bar{h} + 1 * S)$

em que:

\bar{h} = média das alturas dos indivíduos amostrados;

S = desvio padrão das alturas totais (h_j);

h_j = altura total da j-ésima árvore individual;

Média: Corresponde à média aritmética da variável amostrada.

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$$

em que:

\bar{H} = Altura média da variável amostrada;

h_i = variável amostrada (altura de árvores);

n = número de amostras;

Variância: Corresponde à variância da variável amostrada.

$$S^2 = \frac{\sum h^2 - \frac{(\sum h)^2}{n}}{n - 1}$$

em que:

S^2 = variância da variável amostrada (número de árvores, área basal ou volumes);

h = altura de cada árvore.

n = número de amostras.

Desvio Padrão: Corresponde à raiz da variância da variável amostrada.

$$S = \pm \sqrt{S^2},$$

em que:

S = Desvio padrão da variável amostrada;

Para classificar os indivíduos arbóreos estudados em diferentes classes de altura utilizou-se a classificação proposta por Souza e Leite (1993), cujos valores podem ser observados na tabela 2.

Tabela 2. Classificação da estrutura vertical em classes de altura, de acordo com Souza e Leite (1993)

Classe	Dimensão das classes de altura
C1	$H_j < 4,2$
C2	$4,2 \leq H_j < 8,5$
C3	$H_j \geq 8,5$

Cálculo do Diâmetro

Para calcular o diâmetro de cada fuste das árvores, utilizou-se a seguinte equação:

$$D = \frac{\text{Circunferência}}{\pi}$$

Onde:

$$\pi - 3,14$$

3.2.3 Coleta e preparo do material vegetal

Para a quantificação dos elementos químicos acumulados nas folhas foi feita a coleta de material foliar no terço médio dos indivíduos arbóreos presente ao longo da faixa linear adotada (100m) em todas as áreas selecionadas. O mesmo procedimento foi realizado para a área controle (Figura 7).



Figura 7. Coleta de material foliar utilizando o podão

Em cada indivíduo foram coletado em média 50 g de folhas nos sentidos norte, sul, leste e oeste, segundo Moreira (2010). As amostras das folhas foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e levados para secagem em estufa a 65 °C por 72 horas no Laboratório de Nutrição Animal/CSTR da UFCG em Patos. Após a secagem, as folhas foram moídas, em moinho do tipo Wiley.

3.2.3.1 Análise química do material foliar

As amostras de folhas, depois de moídas, foram acondicionadas em recipientes plásticos devidamente identificadas e hermeticamente fechados para posterior envio ao Laboratório de Solo da EMBRAPA Semiárido em Petrolina-PE, para a determinação da concentração dos elementos químicos: Enxofre(S), Carbono (C), Ferro (Fe) e Zinco (Zn), por serem elementos que comumente possuem relação com o tráfego veicular (MAHER, et al., 2007).

Os métodos de extração e determinação do nutriente e dos metais nas folhas foram realizados segundo Tedesco et al. (1995), onde alíquotas de 0,5 g de

material seco e moído foram submetidas à digestão nitro-perclórica. Posteriormente com a oxidação do material vegetal pela digestão, os elementos foram quantificados por espectrofotômetro de absorção atômica.

3.2.4 Determinação do fluxo de veículos automotores

O levantamento do fluxo de veículos automotores (carros e motos) foi realizado no cruzamento das Avenidas Pedro Firmino e Sólon de Lucena, no centro da cidade de Patos (PB), no dia 17 de Junho de 2010 no período de 11:00h às 12:00h, horário de tráfego intenso. Para a obtenção dos dados foi colocado um (1) observador em cada ponto estratégico no cruzamento das referidas avenidas (Sólon de Lucena – sentido Norte e Sul e Pedro Firmino - sentido Leste e Oeste) para o registro do fluxo de veículos automotores. Os dados obtidos foram transformados em fluxo médio utilizando a seguinte equação:

$$FM = \text{N}^\circ \text{veículos} / t \text{ (min)},$$

onde:

FM = Fluxo médio

t = tempo (60 minutos)

3.3 Análise de dados

Os dados de teor de elementos nas folhas das espécies arbóreas foram submetidos à análise estatística descritiva (média, desvio padrão, valor máximo e mínimo). Para comparação dos teores utilizou-se apenas as espécies que tinham repetição.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características dendrométricas das espécies

Na zona urbana foram estudados 32 indivíduos arbóreos com destaque para as espécies nim (*Azadirachta indica*) e algaroba (*Prosopis juliflora*) que apresentaram o maior número de indivíduos, com 17 e 9 indivíduos, respectivamente. Já na área controle (Fazenda Nupeárido) foram selecionados e analisados 21 indivíduos, com predomínio da espécie algaroba e craibeira (*Tabebuia aurea*), com 11 e 5 indivíduos, respectivamente.

Para Laera (2006) é preciso conhecer-se tanto a quantidade como a distribuição das árvores no meio urbano. Salieta ainda que a arborização urbana representa um importante papel, com base nos benefícios ambientais proporcionados pelas árvores, principalmente os relacionados à dinâmica do CO₂ no ambiente urbano.

Quanto às características dendrométricas das espécies estudadas na área delimitada no centro da cidade de Patos, verifica-se na tabela 3, que na Av. Pedro Firmino, sentido leste, a espécie mais abundante é o nim com 5 indivíduos, todos se enquadrando na classe de altura C2, ou seja, entre 4 e oito metros. Apenas um indivíduo foi considerado de porte adulto devido, principalmente, ao diâmetro na base (DNB) que obteve valor de 34,4 cm. A espécie algaroba foi a segunda mais representativa e apresentam os maiores valores de DNB. Verificou-se também que apenas um indivíduo dessa espécie obteve altura de 15 m, e por isso foi classificado na classe C3.

Observou-se ainda que todas as espécies se encontravam no estado fenológico considerado normal exceto a esponjinha (*Acacia cultriformis*) que se encontrava no período de floração.

Tabela 3. Características das espécies arbóreas presentes no canteiro central da Av. Pedro Firmino, sentido leste, na cidade de Patos-PB

Ordem	Espécie	Altura (m)	EF	Integridade	Porte	DNB	Classes de altura
01	Algaroba	6,5	Normal	Íntegra	Adulta	34,1	C2
02	Algaroba	7,5	Normal	Íntegra	Adulta	48,7	C2
03	Esponjinha	4,5	Florando	Íntegra	Jovem	11,9	C2
04	Algaroba	15	Normal	Íntegra	Adulta	65,6	C3
05	Nim	7,5	Normal	Íntegra	Adulta	34,4	C2
06	Farinha seca	4,5	Normal	Íntegra	Jovem	16,6	C2
07	Nim	4,5	Normal	Íntegra	Jovem	14,5	C2
08	Nim	4,5	Normal	Íntegra	Jovem	16,2	C2
09	Craibeira	5,0	Normal	Íntegra	Jovem	16,7	C2
10	Nim	5,5	Normal	Íntegra	Jovem	15,3	C2
11	Nim	4,5	Normal	Íntegra	Jovem	14,6	C2

EF = Estádio fenológico; DNB - Diâmetro na base (30 cm do solo); Classes de alturas: C1: $h_j < 4,21$, C2: $4,2 \leq h_j < 8,5$, C3: $h_j \geq 8,5$.

Já no sentido oeste da Av. Pedro Firmino (Tabela 4) verificou-se um número menor de indivíduos na faixa delimitada para estudo (100 m), onde foi registrada a presença de 9 indivíduos, sendo seis deles da espécie algaroba. Todos os indivíduos registrados foram considerados adultos, exceto um indivíduo da espécie nim que se encontrava no estágio jovem. Em relação altura, três algarobas se enquadraram na classe C3, com altura superior a 8 m. Verificou-se ainda que dois indivíduos apresentavam danos, provavelmente por ação antrópica (Figura 8) e isso poderá ser porta de entrada para doenças e pragas a morte.

Segundo Lira et al. (2009), as cidades do semiárido necessitam da presença de uma massa arbórea que lhes proporcione melhorias no padrão ambiental, garantindo-lhe, conseqüentemente, uma melhoria de vida das populações nelas inseridas. Em sua maioria, a arborização dessas cidades não passou por um planejamento prévio e, em conseqüência, podem apresentar sérios problemas de manejo.

Tabela 4. Características das espécies arbóreas presentes no canteiro central da Av. Pedro Firmino, sentido oeste, na cidade de Patos-PB

Ordem	Espécie	Altura (m)	CAP (cm)	EF	Integridade	Porte	DNB	Classes de altura
01	Mata-fome	5,5	92,5	c/Fruto	Danificada	Adulta	38,8	C2
02	Nim	4,0	23	Normal	Íntegra	Jovem	9,2	C1
03	Algaroba	9,0	132	Normal	Íntegra	Adulta	43,9	C3
04	Algaroba	10	150	Normal	Íntegra	Adulta	50,3	C3
05	Algaroba	8,0	134,5	Normal	Íntegra	Adulta	48,4	C2
06	Algaroba	8,0	150	Normal	Danificada	Adulta	62,7	C2
07	Algaroba	10	141	Normal	Íntegra	Adulta	46,5	C3
08	Algaroba	7,0	140	Normal	Íntegra	Adulta	47,4	C2
09	Esponjinha	6,5	69	c/Flor	Íntegra	Adulta	27,1	C2

DNB - Diâmetro na base, a 30 cm do solo.
EF= Estádio Fenológico

CAP – Circunferência na Altura do Peito
Classes de alturas: C1: $h_j < 4,2$, C2: $4,2 \leq h_j < 8,5$, C3: $h_j \geq 8,5$.



Figura 8. Necrose na base do tronco da algaroba (a) e da mata fome (b) presentes na Av. Pedro Firmino, sentido oeste, em Patos-PB

Nas Av. Solon de Lucena e Epitácio Pessoa, sentido sul, foram inventariados 9 indivíduos (Tabela 5) e verifica-se que houve mudança na arborização nesse setor onde a espécie nim é predominante e jovem e a maioria se encontra na classe de

altura C1(altura < 4,2 m). Apenas um indivíduo da espécie nim apresentou bifurcação e este se enquadrou na classe de altura C2 juntamente com as palmeiras, ou seja, altura > 4,2 m.

Tabela 5. Características das espécies arbóreas presentes no canteiro central das Av. Solon de Lucena e Epitácio Pessoa, sentido sul, na cidade de Patos-PB

Ordem	Espécie	Altura (m)	CAP (cm)	EF	Integridade	Porte	DNB	Classes de altura
01	Nim	4,0	29	Normal	Íntegra	Jovem	11,6	C1
02	Nlm	4,0	26	Normal	Íntegra	Jovem	10,7	C1
03	Nim	4,3	20,8	Normal	Íntegra	Jovem	10,2	C2
04	Palmeira	4,5	49	Normal	Íntegra	Jovem	22,8	C2
05	Palmeira	4,5	57,5	Normal	Íntegra	Jovem	19,7	C2
06	Nim	4,0	28	Normal	Íntegra	Jovem	11,0	C1
07	Nim	3,8	27	Normal	Íntegra	Jovem	10,7	C1
08	Nim	3,6	24	Normal	Íntegra	Jovem	10,2	C1
09	Nim	3,5	21	Normal	Íntegra	Jovem	8,9	C1

DNB - Diâmetro na base, a 30 cm do solo.
EF= Estádio Fenológico

CAP – Circunferência na Altura do Peito
Classes de alturas: C1: $h_j < 4,2$, C2: $4,2 \leq h_j < 8,5$, C3: $h_j \geq 8,5$.

No sentido norte da Av. Epitácio Pessoa foram inventariados 07 indivíduos (Tabela 6), onde a espécie nim mais uma vez foi predominante com 06 indivíduos, sendo todos jovens e com altura na classe C1 (< 4,2). Apenas a espécie esponjinha (*Acacia cultriformis*) foi considerada adulta e na classe de altura C2 (altura $\leq 4,2 < 8,5$).

Tabela 6. Características das espécies arbóreas presentes no canteiro central da Av. Epitácio Pessoa, sentido norte, na cidade de Patos-PB

Ordem	Espécie	Altura (m)	CAP (cm)	EF	Integridade	Porte	DNB	Classes de altura
01	Nim	3,8	28,5	Normal	Íntegra	Jovem	11,9	C1
02	Nim	3,8	33,0	Normal	Íntegra	Jovem	11,5	C1
03	Nim	3,7	23,0	Normal	Íntegra	Jovem	9,4	C1
04	Nim	4,0	28,5	Normal	Íntegra	Jovem	11,1	C1
05	Nim	3,8	31,5	Normal	Íntegra	Jovem	12,7	C1
06	Nim	3,5	28,5	Normal	Íntegra	Jovem	11,1	C1
07	Esponjinha	5,5	74,0	c/Flor	Íntegra	Adulta	28,7	C2

DNB - Diâmetro na base, a 30 cm do solo.
EF= Estádio Fenológico

CAP – Circunferência na Altura do Peito
Classes de alturas: C1: $h_j < 4,2$, C2: $4,2 \leq h_j < 8,5$, C3: $h_j \geq 8,5$.

Em relação aos indivíduos arbóreos mensurados na área controle (Fazenda Nupeárido) observa-se na tabela 7 que a algaroba presente no sentido leste foi o único indivíduo mensurado, sendo considerado adulto e pertencente à classe de altura C2, cuja altura foi de 5 m. Já no sentido oeste a espécie craibeira foi a mais abundante com 08 indivíduos jovens com altura variando 6,5 m e 9,0 m sendo classificados nas classes de altura C2 e C3.

Tabela 7. Características dendrométricas das espécies arbóreas presentes na Fazenda Nupeárido, sentido leste-oeste

Sentido Leste								
Ordem	Espécie	Altura (m)	CAP (cm)	EF	Integridade	Porte	DNB	Classe de altura
01	Algaroba	5,0	66,5	Normal	Íntegra	Adulta	26,10	C2
Sentido Oeste								
Ordem	Espécie	Altura (m)	CAP (cm)	EF	Integridade	Porte	DNB	Classe de altura
01	Siriguela	6,0	46,7	Normal	Íntegra	Jovem	24,5	C2
02	Siriguela	6,5	78,5	Normal	Íntegra	Jovem	36,9	C2
03	Cajueiro	6,0	31,3	c/Flor	Íntegra	Jovem	17,5	C2
04	Cajueiro	7,5	53,0	c/Flor	Íntegra	Jovem	23,2	C2
05	Craibeira	9,0	72,3	Normal	Íntegra	Jovem	35,8	C3
06	Craibeira	8,0	51,0	Normal	Íntegra	Jovem	21,9	C2
07	Craibeira	8,0	71,0	Normal	Íntegra	Jovem	26,7	C2
08	Craibeira	6,5	51,0	Normal	Íntegra	Jovem	19,4	C2
09	Craibeira	7,5	66,0	Normal	Íntegra	Jovem	22,9	C2
10	Craibeira	8,0	90,5	Normal	Íntegra	Jovem	33,3	C2
11	Craibeira	7,5	29,0	Trifurcada	Íntegra	Jovem	21,6	C2
12	Craibeira	8,0	62,8	Bifurcada	Íntegra	Jovem	34,8	C2

DNB - Diâmetro na base, a 30 cm do solo.
EF= Estádio Fenológico

CAP – Circunferência na Altura do Peito
Classes de alturas: C1: $h_j < 4,2$, C2: $4,2 \leq h_j < 8,5$, C3: $h_j \geq 8,5$.

A presença de espécies frutíferas como siriguela (*Spondias purpurea* L.) e cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) deveu-se ao fato das mesmas estarem incluídas na área delimitada para o estudo, ou seja, 100m a oeste do prédio central da fazenda. O cajueiro se encontrava em período de floração sendo considerado como planta em estágio jovem na classe de altura C2, pois superou os 4,2 m que define a classe e nessa mesma classificação foi incluída a siriguela.

Na tabela 8 observar-se as características dendrométricas dos indivíduos inventariados no sentido norte-sul na Fazenda Nupeárido. A espécie algaroba foi predominante nos dois sentidos, indicando que essa espécie foi introduzida a mais tempo no local, sendo os indivíduos considerados adultos e com algumas bifurcações. Ao contrário dos indivíduos dessa espécie encontrados no centro da cidade de Patos, não foi observado nenhuma necrose sendo classificados na categoria de íntegra.

Tabela 8. Características dendrométricas das espécies arbóreas presentes na Fazenda Nupeárido, sentido norte-sul

Sentido Norte								
Ordem	Espécie	Altura (m)	CAP (cm)	EF	Integridade	Porte	DNB	Classe de altura
01	Algaroba	9,0	58,8	Normal	Íntegra	Adulta	39,2	C3
02	Algaroba	8,0	60	Normal	Íntegra	Adulta	28,3	C2
03	Algaroba	8,0	79,5	Normal	Íntegra	Adulta	27,4	C2
04	Algaroba	7,5	54,3	Normal	Íntegra	Adulta	28,3	C2
05	Algaroba	8,5	88,5	Normal	Íntegra	Adulta	28,5	C2
06	Algaroba	9,0	112	Normal	Íntegra	Adulta	37,6	C3
07	Algaroba	8,5	106	Normal	Íntegra	Adulta	36,9	C2
08	Algaroba	8,5	109,5	Normal	Íntegra	Adulta	39,2	C2
Sentido Sul								
Ordem	Espécie	Altura (m)	CAP (cm)	EF	Integridade	Porte	DNB	Classe de altura
01	Algaroba	8,5	112,5	Normal	Íntegra	Adulta	52,2	C2
02	Algaroba	8,0	123	Normal	Íntegra	Adulta	41,7	C2
03	Algaroba	7,0	77	Normal	Íntegra	Adulta	24,8	C2
04	Algaroba	7,0	80	Normal	Íntegra	Adulta	30,2	C2
05	Algaroba	7,5	88,5	Normal	Íntegra	Adulta	29,3	C2
06	Algaroba	7,0	43	Normal	Íntegra	Adulta	26,7	C2
07	Jucá	4,0	15	Normal	Íntegra	Jovem	4,9	C1

DNB - Diâmetro na base, a 30 cm do solo.
EF= Estádio Fenológico

CAP – Circunferência na Altura do Peito
Classes de alturas: C1: $h_j < 4,2$, C2: $4,2 \leq h_j < 8,5$, C3: $h_j \geq 8,5$.

4.2 Fluxo veicular nas avenidas

Quanto ao fluxo de veículos nas avenidas centrais de Patos-PB, verifica-se na tabela 9 que o maior número de veículos automotores (carros e motos) foi registrado na Av. Solon de Lucena, sentido Sul com 1.146 veículos, obtendo um fluxo médio de 19,1 veículo min^{-1} e o menor fluxo foi registrado na Av. Pedro Firmino, sentido Leste com 4,7 veículo min^{-1} .

Tabela 9. Médias do fluxo de veículos automotores no centro da cidade de Patos-PB, em horário de intenso tráfego (das 11:00h as 12:00h), em junho de 2010

Sentido do tráfego nas avenidas	Número de veículos	Fluxo médio (veículo min^{-1})
Epitácio Pessoa Norte	881	14,7
Solon de Lucena/ Epitácio Pessoa Sul	1.146	19,1
Pedro Firmino Leste	282	4,7
Pedro Firmino Oeste	897	14,9

4.3 Teores dos elementos no material vegetal

Verifica-se na tabela 10 que os teores mais elevados de ferro (Fe) foram encontrados na espécie esponjinha com 444,0 mg kg^{-1} , estando esta espécie na Av. Epitácio Pessoa, sentido Norte. Já na espécie nim, presente em todas as avenidas pesquisadas, os teores médios mais elevados foram obtidos nas espécies ocorrentes na Av. Epitácio Pessoa, sentido Norte, com 215,2 mg kg^{-1} . As espécies farinha seca (*Peltophorum dubium*) e mata-fome (*Pithecellobium dulce*) não apresentaram repetição nas áreas pesquisadas porém, os valores de Fe obtidos em um único indivíduo de cada espécie foram 201,0 mg kg^{-1} e 286,0 mg kg^{-1} , respectivamente, valores estes superiores aos obtidos na craibeira presente na Av. Pedro Firmino, sentido Leste com 173,0 mg kg^{-1} .

Tabela 10. Estatística descritiva dos teores de Fe (mg kg^{-1}) em folhas de espécies arbóreas coletadas nas avenidas centrais da cidade de Patos-PB e o fluxo médio de automóveis (veículo min^{-1})

	Espécies					Fluxo médio de automóveis
	Nim	Algaroba	Esponjinha	Mata fome	Farinha seca	
Av. Pedro Firmino (Leste)						
Nº de indiv	5	3	1		1	1
Mínimo	172,0	310,0				
Máximo	250,0	369,0	364,0		201,0	173,0
Média	197,4	347,3				4,7
DP	5,6	5,70				
Av. Pedro Firmino (Oeste)						
Nº de indiv	1	6	1	1		
Mínimo		327,0				
Máximo	186,0	486,0	400,00	286,00		14,9
Média		423,0				
DP		8,63				
Av. Solon de Lucena/Epitácio Pessoa (Sul)						
Nº de indiv	5					
Mínimo	197,0					
Máximo	279,0					19,1
Média	240,2					
DP	6,3					
Av. Epitácio Pessoa (Norte)						
Nº de indiv	6		1			
Mínimo	187,0					
Máximo	261,0		444,0			14,7
Média	215,2					
DP	4,9					

DP= Desvio Padrão

Os teores de Fe na espécie craibeira obtidos neste estudo foram superiores aos encontrados por Medeiros et al. (2008), com teores em torno de 115 mg kg^{-1} . Esses autores avaliaram os teores de nutrientes em espécies arbóreas representativa da Caatinga em material foliar coletado em diferentes localidades na Mesorregião do Sertão Paraibano.

Silva e Vidal (2010) quantificando os teores de Fe em espécies arbóreas (*Eucaliptus grandis* e *Acacia mangium*) em área de aterro obtiveram valores abaixo de $300,0 \text{ mg kg}^{-1}$ Fe para cada espécie. Comparando com o presente estudo, valores abaixo de $300,0 \text{ mg kg}^{-1}$ foram obtidos para as espécies nim ($197,0 \text{ mg kg}^{-1}$), farinha seca ($201,0 \text{ mg kg}^{-1}$), craibeira ($173,0 \text{ mg kg}^{-1}$) e mata fome ($286,0 \text{ mg kg}^{-1}$), todas elas localizadas nas avenidas centrais de Patos.

Moreira (2010) avaliando a concentração de Fe em amostras de folhas de espécies arbóreas ipê roxo (*Tabebuia heptaphylla*), jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*) e paineira (*Ceiba speciosa*) coletadas no Parque Ibirapuera em São Paulo também obteve teores médios abaixo de 250,0 mg kg⁻¹.

É provável que a queima de combustíveis fósseis influenciou na exposição desse metal, pois a espécie algaroba apresentou diferença no teor de Fe entre a área urbana, centro da cidade de Patos, tomando como referência a Av. Pedro Firmino, sentido Oeste, que apresentou um dos maiores fluxos automotivo e o teor de ferro foi de 423,0 mg kg⁻¹, enquanto que a mesma espécie na Fazenda Nupeárido-Sul (Tabela 11), com baixo fluxo automotivo, o teor médio obtido foi de 359,8 mg kg⁻¹, ou seja, 14,9% menor. O mesmo comportamento foi observado com a espécie esponjinha que apresentou uma redução no teor de Fe no setor de menor fluxo automotivo (Av. Pedro Firmino – Leste) comparado com o setor de maior fluxo (Av. Epitácio Pessoa – Norte), com 364,0 mg kg⁻¹ e 444,0 mg kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 11. Estatística descritiva dos teores de Fe (mg kg⁻¹) em folhas de espécies arbóreas coletadas na área controle (Fazenda Nupeárido), no município de Patos-PB

	Espécies					
	Nim	Algaroba	Esponjinha	Mata fome	Farinha seca	Craibeira
Nupeárido (Leste)						
Nº de indiv		1				
Mínimo						
Máximo		296,0				
Média						
DP						
Nupeárido (Oeste)						
Nº de indiv						5
Mínimo						100,0
Máximo						137,0
Média						113,8
DP						3,9
Nupeárido (Norte)						
Nº de indiv		5				
Mínimo		223,0				
Máximo		423,0				
Média		323,4				
DP		9,9				
Nupeárido (Sul)						
Nº de indiv		5				
Mínimo		297,0				
Máximo		408,0				
Média		359,8				
DP		6,9				

DP= Desvio Padrão

O teor de Fe encontrado nas folhas das plantas, tanto no centro da cidade como na área controle (Tabela 11) pode ser considerado não prejudicial para essas espécies. Verifica-se que os valores de Fe obtidos em todas as amostras foram abaixo de 1500 mg kg^{-1} e, segundo Borges et al. (2007), teores de Fe inferiores a esse valor não revelam sintomas de toxidez de ferro nas plantas.

Analisando os dados da tabela 11 observou-se que o teor de Fe obtido na espécie craibeira na área controle ($113,8 \text{ mg kg}^{-1}$) foi semelhante ao encontrado por Medeiros et al. (2008) com valores em torno de $115,0 \text{ mg kg}^{-1}$. Os resultados do presente estudo evidenciaram que há redução no teor de Fe em material foliar da craibeira quando esta se encontra em locais onde praticamente não há fluxo de veículos automotores.

Ao analisar os dados da tabela 12, percebe-se que o teor médio de Zn foi mais acentuado na espécie mata fome, localizada na Av. Pedro Firmino, sentido Oeste, com $44,0 \text{ mg kg}^{-1}$. Já a espécie esponjinha localizada na Avenida Pedro Firmino, sentido Leste, apresentou o menor teor desse metal ($15,0 \text{ mg kg}^{-1}$), repetindo esse valor no sentido Oeste da referida avenida. Por outro lado, a espécie nim, que está presente em todas as avenidas estudadas, apresentou variação no teor médio de Zn de $19,2 \text{ mg kg}^{-1}$ na Avenida Pedro Firmino, sentido Leste, à $32,5 \text{ mg kg}^{-1}$ na Avenida Solon de Lucena, sentido Sul.

Os teores obtidos no presente estudo foram inferiores aos encontrados por Silva e Vidal (2010) que relataram teores elevados deste metal, acima de $240,0 \text{ mg kg}^{-1}$. Já Moreira (2010) também relata teores médios de Zn mais elevados nas espécies arbóreas ipê roxo, jacarandá e paineira com $42,5 \text{ mg kg}^{-1}$, valor superior aos obtidos neste estudo, porém, considerados não prejudiciais.

O teor de zinco (Tabelas 12 e 13) encontrado nas folhas das plantas selecionadas, nos diferentes locais na cidade de Patos-PB e na Fazenda Nupeárido, foram considerados não prejudiciais às espécies das plantas estudadas, visto que o valor considerado como controle, de acordo com Kabata-Pendias (2001) Apud Silva e Vidal (2010), é de 70 mg kg^{-1} e as espécies apresentaram teores inferiores a esse valor. Segundo os autores, o micronutriente Zn presente na plantas em concentrações acima do permitido pode causar sintomas de toxidez

Tabela 12. Estatística descritiva dos teores de Zn (mg kg^{-1}) em folhas de espécies arbóreas coletadas nas avenidas centrais da cidade de Patos-PB e o fluxo médio de automóveis (veículo min^{-1})

	Espécies					Fluxo médio de automóveis
	Nim	Algaroba	Esponjinha	Mata fome	Farinha seca	
Av. Pedro Firmino (Leste)						
Nº de indiv	5	3	1		1	1
Mínimo	16,0	28,0				
Máximo	25,0	34,0	15,0		24,0	12,0
Média	19,2	31,0				4,7
DP	1,9	1,7				
Av. Pedro Firmino (Oeste)						
Nº de indiv	1	6	1	1		
Mínimo		21,0				
Máximo	30,0	44,0	15,00	44,00		14,9
Média		32,8				
DP		2,9				
Av. Solon de Lucena/Epitácio Pessoa (Sul)						
Nº de indiv	5					
Mínimo	26,0					
Máximo	41,0					19,1
Média	32,2					
DP	2,4					
Av. Epitácio Pessoa (Norte)						
Nº de indiv	6		1			
Mínimo	23,0					
Máximo	29,0		16,0			14,7
Média	26,2					
DP	1,6					

DP= Desvio Padrão

De acordo com os resultados, apenas a espécie nim se mostrou sensível à exposição do zinco pela queima de combustíveis fósseis, uma vez que o teor do metal no setor urbano de menor fluxo automotivo (Av. Pedro Firmino – Leste) com $19,2 \text{ mg kg}^{-1}$, foi inferior ao teor obtido no setor de maior fluxo (Av. Solon de Lucena – Sul), com $32,5 \text{ mg kg}^{-1}$, ou seja, apresentou uma redução de 40,9% no teor deste metal nas áreas de menor circulação veicular. Resultados semelhantes foram obtidos por Moreira (2010) no Parque Ibirapuera em São Paulo que constatou concentrações mais elevadas de Zn em avenidas de maior fluxo de veículos.

Medeiros et al. (2008), constataram teor médio de Zn de 14 mg kg^{-1} em folhas de craibeira coletadas no Sertão Paraibano, sendo semelhante ao observado neste estudo com $14,2 \text{ mg kg}^{-1}$. Esse resultado indica que os teores obtidos não causam toxidez à espécie.

Na fazenda Nupeárido (Tabela 13) a espécie algaroba, no sentido Sul, apresentou o maior teor médio de Zn com 69,0 mg kg⁻¹. A elevação do teor médio de Zn nesse setor se deve, provavelmente, a contaminação em duas das 5 amostras, pois há diferença entre os valores máximo (119,0 mg kg⁻¹) e mínimo (28,0 mg kg⁻¹), refletindo assim, no teor médio

Tabela 13. Estatística descritiva dos teores de Zn (mg kg⁻¹) em folhas de espécies arbóreas coletadas na área controle (Fazenda Nupeárido), no município de Patos-PB

	Espécies					
	Nim	Algaroba	Esponjinha	Mata-fome	Farinha seca	Craibeira
Nupeárido (Leste)						
Nº de indiv		1				
Mínimo						
Máximo		36,0				
Média						
DP						
Nupeárido (Oeste)						
Nº de indiv						5
Mínimo						13,0
Máximo						18,0
Média						16,4
DP						1,4
Nupeárido (Norte)						
Nº de indiv		5				
Mínimo		40,0				
Máximo		60,0				
Média		48,4				
DP		3,0				
Nupeárido (Sul)						
Nº de indiv		5				
Mínimo		28,0				
Máximo		119,0				
Média		69,0				
DP		6,4				

DP= Desvio Padrão

Quanto ao S (Tabela 14), observa-se que o teor médio deste elemento nas folhas do nim, presente em todas as avenidas, foi mais elevado na Avenida Sólon de Lucena, sentido Sul com 4,8 mg kg⁻¹ e nas Avenidas Pedro Firmino-Leste e Eptácio Pessoa-Norte foi obtido o mesmo teor médio de 3,7 mg kg⁻¹.

O menor teor de S foi encontrado nas folhas de craibeira coletadas na Av. Pedro Firmino, sentido Leste com 0,9 mg kg⁻¹ e na área controle (Fazenda Nupeárido-Oeste) com 0,8mg kg⁻¹ (Tabela 15).

Tabela 14. Estatística descritiva dos teores de S (mg kg^{-1}) em folhas de espécies arbóreas coletadas nas avenidas centrais da cidade de Patos-PB e o fluxo médio de automóveis (veículo min^{-1})

	Espécies					Fluxo médio de automóveis
	Nim	Algaroba	Esponjinha	Mata fome	Farinha seca	
Av. Pedro Firmino (Leste)						
Nº de indiv	5	3	1		1	1
Mínimo	2,4	6,1				
Máximo	5,0	7,8	2,2		1,2	0,9
Média	3,7	6,7				4,7
DP	1,0	0,9				
Av. Pedro Firmino (Oeste)						
Nº de indiv	1	6	1	1		
Mínimo		4,1				
Máximo	2,1	8,0	1,4	4,3		14,9
Média		5,8				
DP		1,2				
Av. Solon de Lucena/Epitácio Pessoa (Sul)						
Nº de indiv	5					
Mínimo	4,1					
Máximo	6,2					19,1
Média	4,8					
DP	0,9					
Av. Epitácio Pessoa (Norte)						
Nº de indiv	6		1			
Mínimo	3,2					
Máximo	4,6		1,4			14,7
Média	3,7					
DP	0,7					

DP= Desvio Padrão

Observa-se ainda na tabela 14 que na espécie algaroba o maior teor ocorreu no material coletado na Av. Pedro Firmino-Leste, setor de menor fluxo automotivo, e Oeste, de maior fluxo automotivo, com $6,7 \text{ g kg}^{-1}$ e $5,8 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Essa espécie se mostrou sensível a acumulação de S, onde segundo Maher et al. (2007) este elemento está presente na queima de combustíveis fósseis. Observou-se comportamento semelhante com a espécie nim, cujo teor de S ($4,8 \text{ g kg}^{-1}$) foi maior na avenida de maior fluxo automotivo (Av. Solon de Lucena/Epitácio Pessoa – sentido Sul), enquanto que o menor teor desse elemento ($2,1 \text{ g kg}^{-1}$) foi obtido em espécies presentes na avenida com fluxo menor, (Pedro Firmino-Oeste), registrando, portanto, uma diferença entre os dois locais de 56,3%. Observa-se ainda na tabela 14 que no setor urbano, o teor de S chegou a $6,7 \text{ g kg}^{-1}$ em espécies presentes na Av. Pedro Firmino, sentido Leste, enquanto que em espécies da área controle

(Tabela 15) livre de tráfego veicular, o teor de S foi de 2,9 g kg⁻¹ (Fazenda Nupeárido, sentido Norte).

Essa diferença de 56,70% entre os teores mais elevados nos dois setores estudados indica que a liberação de S por atividade antrópica está presente de forma mais intensa nos centros urbanos, principalmente nos mais desenvolvidos, onde o tráfego automotivo é mais intenso.

Os teores de S obtidos no presente estudo para todas as espécies foram superiores aos relatados por Moreira (2010) em espécies arbóreas presentes no Parque Ibirapuera (São Paulo), com teor médio de 0,20 mg kg.

Tabela 15. Estatística descritiva dos teores de S (mg kg⁻¹) em folhas de espécies arbóreas coletadas na área controle (Fazenda Nupeárido), no município de Patos-PB

	Espécies					
	Nim	Algaroba	Esponjinha	Mata-fome	Farinha seca	Craibeira
Nupeárido (Leste)						
Nº de indiv		1				
Mínimo						
Máximo		2,9				
Média						
DP						
Nupeárido (Oeste)						
Nº de indiv						5
Mínimo						0,4
Máximo						1,4
Média						0,8
DP						0,6
Nupeárido (Norte)						
Nº de indiv		5				
Mínimo		2,2				
Máximo		3,5				
Média		2,9				
DP		0,8				
Nupeárido (Sul)						
Nº de indiv		5				
Mínimo		1,4				
Máximo		2,7				
Média		1,8				
DP		0,7				

DP= Desvio Padrão

Nas tabelas 16 e 17 são apresentados os teores de S das espécies presentes nos canteiros, no centro da cidade de Patos-PB. Constatou-se aumento nos teores nas espécies localizadas próximo á sinais eletrônicos ou lombadas.

As espécies estavam distribuídas a uma distancia média de 9,5 m entre elas e à medida que se distanciavam do sinal eletrônico os teores de S nas folhas eram reduzidos, como se observa nas tabelas abaixo

Tabela 16. Teores de S em espécies arbóreas ocorrentes no canteiro central das avenidas Solon de Lucena e Epitácio Pessoa, em Patos-PB. Sentido da seta indica redução dos teores

Amostra	Espécie	Teor de S (g kg⁻¹)	
Av. Solon de Lucena- Sul			
1 (próximo ao sinal)	Nim	6,2	↓
2	Nim	4,8	
3	Nim	4,3	
4	Nim	4,6	
5	Nim	4,1	
Av. Epitácio Pessoa – Norte			
1 (próximo ao sinal)	Nim	4,6	↓
2	Nim	3,8	
3	Nim	3,6	
4	Nim	3,3	
5	Nim	3,3	
6	Nim	3,9	
7	Esponjinha	1,4	

Esses dados convergem para os observados por Moreira (2010) no Parque do Ibirapuera, em São Paulo onde a autora afirma que em locais com presença de sinais eletrônicos e lombadas, o desgaste de peças do sistema de frenagem é um dos maiores contribuintes para a contaminação do ar, além da ressuspensão de partículas. Provavelmente é essa a razão dos teores médios S (Tabela de 14) terem sido maiores na espécie algaroba ocorrente na Av. Pedro Firmino–Leste, com menor

fluxo automotivo, do que na Av. Pedro Firmino – Oeste, onde o fluxo automotivo foi mais intenso.

Observa-se na tabela 17 que o indivíduo de número 8 da espécie algaroba localizados na Av. Pedro Firmino sentido Leste apresentou teor mais elevados de S.

Tabela 17. Teores de S em espécies arbóreas ocorrentes no canteiro central das avenidas Solon de Lucena e Epitácio Pessoa, em Patos-PB. Sentido da seta indica redução dos teores

Amostra	Espécie	Teor de S (g kg ⁻¹)
Av. Pedro Firmino – Leste		
1 (próximo ao sinal)	Algaroba	6,3
2	Algaroba	6,1
3	Esponjinha	2,2
4	Algaroba	7,8
5	Nim	5,1
6	Farinha seca	1,2
7	Nim	3,5
8	Nim	4,4
9	Craibeira	0,9
10	Nim	3,3
11	Nim	2,4
Av. Pedro Firmino - Oeste		
1 (próximo ao sinal)	Mata fome	4,3
2	Nim	2,1
3	Algaroba	6,8
4	Algaroba	4,2
5	Algaroba	4,8
6	Algaroba	5,5
7	Algaroba	5,5
8	Algaroba	8,0
9	Esponjinha	1,4

Essa maior concentração do nutriente nesse indivíduo pode ser atribuída à maior proximidade do mesmo a um sinal eletrônico que se encontra no final da área de limitada para o estudo que foi de 100 m linear. Fica evidente no presente estudo que nos locais de maior aglomeração de veículos os teores de S aumentam nas espécies mais próximas dos sinais eletrônicos, onde ocorre ressuspensão de partículas devido ao funcionamento dos motores dos veículos num ponto estacionário.

De acordo com Medeiros et al. (2008), teores de S variaram de $1,4 \text{ g kg}^{-1}$ a $2,4 \text{ g kg}^{-1}$ em material foliar de espécies arbóreas da caatinga. Enquanto que neste estudo os teores de S, nas espécies da área urbana, com intenso tráfego automotivo, foram, em média, $4,94 \text{ g kg}^{-1}$. Essa diferença, 51,4%, torna evidente a capacidade de absorção desse nutriente pelas espécies arbóreas selecionadas e analisadas existentes no centro da cidade de Patos-PB.

Percebe-se com esses dados que a presença da vegetação arbórea nos centros urbanos contribui para reduzir a quantidade de poluentes no ar. Assim, o planejamento para o uso de uma arborização diversificada se faz necessário, pois as espécies acumulam contaminantes em proporções diferenciadas e a diversidade de espécie reflete na melhor eficiência da arborização na melhoria da qualidade do ar nos centros urbanos. Segundo Moreira (2010), para que a vegetação possa exercer função de barreira protetora de poluentes atmosféricos ela deve possuir uma alta densidade e diversas alturas de árvores. Salaria ainda que a vegetação é capaz de absorver os poluentes atmosféricos e utilizá-los como nutrientes.

Na tabela 18 verifica-se que os teores de C, em todos os locais selecionados, foram praticamente iguais, com destaque para a espécie farinha seca de ocorrência na Avenida Pedro Firmino-Leste com 55,3%, seguida da espécie nim na Avenida Pedro Firmino, sentido Oeste, com 54,4%.

Cunha et al. (2009), em estudo realizado em fragmentos florestais de Mata Atlântica, no Parque Estadual do Desengano, município de Santa Maria Madalena região norte-fluminense, Rio de Janeiro, constatou em folhas de 50 espécies arbóreas reconhecidas na região, o teor médio de C de 445 g kg^{-1} , ou seja, 44,5% (CUNHA et al., 2009). Esse valor se aproxima dos encontrados nesse estudo (52,4%) que foi realizado com 53 indivíduos de diferentes espécies, localizadas na área urbano e rural.

Tabela 18. Estatística descritiva dos teores de C (%) em folhas de espécies arbóreas coletadas nas avenidas centrais da cidade de Patos-PB e o fluxo médio de automóveis (veículo min⁻¹)

	Espécies					Fluxo médio de automóveis
	Nim	Algaroba	Esponjinha	Mata fome	Farinha seca	
Av. Pedro Firmino (Leste)						
Nº de indiv	5	3	1		1	1
Mínimo	52,0	51,4				
Máximo	53,9	53,9	53,9		55,3	53,4
Média	53,2	52,8				4,7
DP	0,9	1,1				
Av. Pedro Firmino (Oeste)						
Nº de indiv	1	6	1	1		
Mínimo		48,5				
Máximo	54,4	53,9	51,9	51,3		14,9
Média		51,4				
DP		1,3				
Av. Solon de Lucena/Epitácio Pessoa (Sul)						
Nº de indiv	5					
Mínimo	52,3					
Máximo	54,0					19,1
Média	53,0					
DP	0,9					
Av. Epitácio Pessoa (Norte)						
Nº de indiv	6		1			
Mínimo	52,4					
Máximo	53,2		51,7			14,7
Média	52,8					
DP	0,6					

DP= Desvio Padrão

Em estudo realizado em fragmentos florestais de Mata Atlântica, no Parque Estadual do Desengano, município de Santa Maria Madalena região norte-fluminense, Rio de Janeiro, Brasil, foi constatado em folhas de 50 espécies reconhecidas na região, teor médio de C de 445 g kg⁻¹, ou seja, 44,5% (CUNHA et al., 2009). Esse valor se aproxima dos encontrados nesse estudo (52,4%) que foi realizado com 53 indivíduos de diferentes espécies, sendo a maioria (32 indivíduos) da área urbana com intenso tráfego de veículos automotores. Essa diferença é atribuída a queima de combustíveis fósseis no setor urbano.

Em ambos os locais escolhidos para esse estudo, a variação no teor de C foi muito pequena entre nas espécies (Tabela 18 e 19). Esses resultados indicam que o teor de C seria bastante estável na parte aérea das árvores (folhas) e, por conseguinte, seria a variável que menos contribuiria na dissimilaridade das espécies (CUNHA, et al., 2009).

Tabela 19. Estatística descritiva dos teores de C (%) em folhas de espécies arbóreas coletadas na área controle (Fazenda Nupeárido), no município de Patos-PB

	Espécies				
	Nim	Algaroba	Esponjinha	Mata-fome	Farinha seca
Nupeárido (Leste)					
Nº de indiv		1			
Mínimo					
Máximo		51,1			
Média					
DP					
Nupeárido (Oeste)					
Nº de indiv					5
Mínimo					53,9
Máximo					54,6
Média					54,2
DP					0,6
Nupeárido (Norte)					
Nº de indiv		5			
Mínimo		48,9			
Máximo		51,3			
Média		50,2			
DP		0,9			
Nupeárido (Sul)					
Nº de indiv		5			
Mínimo		49,3			
Máximo		52,2			
Média		51,0			
DP		1,0			

DP= Desvio Padrão

Pelos resultados obtidos verifica-se que o mecanismo de absorção de C pelas espécies estudadas se assemelha. Ressalta-se que a vegetação arbórea nos centros urbanos tem um papel importante na mitigação de C do ar, uma vez que esse elemento é indispensável na atividade fisiológica da planta, refletindo na produção de biomassa.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados pode-se concluir que a espécie algaroba possui maior capacidade de absorção e acúmulo de S e Fe;

A concentração do S e Fe é superior nas espécies arbóreas localizadas nas avenidas centrais da cidade e em menor concentração nas espécies estabelecidas na área controle (zona rural), distante da fonte poluidora;

O carbono é um elemento que se apresenta em concentração semelhante nas diferentes espécies arbóreas, independente do local onde estão estabelecidas.

6. CONSIDERAÇÕES RELEVANTES

A manutenção e o aumento de áreas verdes nos centros urbanos são de fundamental importância, pois a vegetação absorve os poluentes atmosféricos que serão utilizados no seu metabolismo e melhoram a qualidade do ar.

A eficiência na absorção de contaminantes presentes no ar pela vegetação arbórea nos centros urbanos está atrelada a maior diversidade de espécies, devendo, portanto, haver um melhor planejamento na seleção e implantação das espécies utilizadas na arborização urbana.

Pode-se recomendar que outros estudos utilizando o biomonitoramento sejam desenvolvidos de modo a identificar as espécies arbóreas que melhor contribuem para retenção de elementos contaminantes do ar atmosférico, e assim contribuir com o melhor planejamento da arborização nos centros urbanos

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAYCU, G.; TOLUNAY, D.; ÖZDEN, H.; GÜNEBAKAN, S. Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn and Ni concentration in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul. **Environmental Pollution**, v. 143, p. 545-554, 2006.

BORGES J. M. ; MELLO, J. W. V.; ABRAHAO, W. A. P. ; JORDAO, C. P. Methods for evaluation of easily-reducible iron and manganese in paddy soils. **Communications In Soil Science and Plant Analysis**, v. 32, n. 19 e 20, p. 3009-3022, 2001

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

CARRERAS, H. A.; PIGNATA, M. L. Comparison among air pollutants, meteorological conditions and some chemical parameters in the transplanted lichen *Usnea amblyoclada*. **Environmental Pollution**, v.111, p.45-52, 2001.

CETESB.- Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. 2007. Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 2006. Série Relatórios/Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo.

CETESB. **Relatório da Qualidade do Ar no Estado de São Paulo – 1995**. Série de Relatórios, 1996.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA N.º 003, de 28 de junho de 1990**.

CONTI, M. E.; CECCHETTI, G. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment – a review. **Environ. Pollution**, v.114, p.471-492, 2001.

CIRCUNSCRIÇÃO REGIONAL DE TRÂNSITO (CIRETRAN, PATOS-PB), 2010.

COUTO, E. R. **Medidas de ácidos fortes e seus sais em uma área do Complexo Petroquímico de Camaçari – incineradores de resíduos líquidos da CETREL**. 1996. 88f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1996

CUNHA, G. M.; GAMA, A. C.; GAMA, E. F.; VELLOSO, A. C. X. Biomassa e estoque de carbono e nutrientes em florestas montanas da mata atlântica na região norte do Estado do Rio de Janeiro. **Rev. Bras. Ciências do Solo**, n.33 p.1175-1185. 2009.

FRANÇA, E. J. De. **A biomonitoração da Mata Atlântica na conservação da biodiversidade: espécies arbóreas nativas acumuladoras de elementos químicos**. 2006. 380f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2006.

GONÇALVES, F. L. T.; CARVALHO, L. M.; CONDE, F. C.; LATORRE, M. R. D.; SALDIVA, P. H. N.; BRAGA, A. L. F. The Effects of Air Pollution and Meteorological Parameters on Respiratory Morbidity During the Summer in São Paulo City. **Environment International**, v. 31, n. 3, p. 343-349, 2005.

GUIMARÃES, E. T.; DOMINGOS, M.; ALVES, E. S.; CALDINI JR, N.; LOBO, D. J.A.; SALDIVA, P. H. N. Detection of the genotoxicity of air pollutants in and around the city of São Paulo (Brasil) with the Transdescantia- micronucleus assay. **Environmental and Experimental Botany**, v.44, n.1, p.1-8. São Paulo, 2000.

GRATANI, L.; CRESCENTE, M.F.; VARONE, L. Long-term monitoring of metals pollution by urban trees. **Atmospheric Environment**, v. 42, p. 8273-8277, 2008.

HALL, J.L. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 366, p. 1-11, 2002.

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

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2010.

KLUMPP, A.; ANSL, W.; KLUMPP, G.; FORMIN, A. Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras. **Revista Brasileira de Botânica**, n.4, p.511-518, 2001.

KOEPPE, W. **Climatologia**. Com un studio de los climas de la tierra. México. Buenos Aires: Fundo de Cultura Econômica, 1948. 31p.

KOZLOWSKI, T.T. Impacts of air pollution on forest ecosystems. **Bio Science**, n. 30 p 89-93, 1980.

LAERA, L. H. N. **Valoração econômica da arborização: a valoração dos serviços ambientais para a eficiência e manutenção do recurso ambiental urbano**. 131f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental), Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2006.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Trad. de C.H.B.A. Prado. São Carlos: RiMa, 531 p., 2006.

LIRA FILHO, J.A.; FONSECA, C.M.B.; ALVES, P.S.; LACERDA, R.M.A. Experiência piloto em arborização participativa em duas cidades de pequeno porte do Semiárido brasileiro. **REVSBAU**, v.1, n.1, p.1-15, 2009.

MAHER, B.A.; MOORE, C.; MATZKA, J. Spatial variation in vehicle-derived metal pollution identified by magnetic and elemental analysis of roadside tree leaves. **Atmospheric Environment**, v. 42, p. 364-373, 2007.

MOREIRA, T. C. L. **Interação da vegetação arbórea e poluição atmosférica da cidade de São Paulo**. 2010. 81f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2010.

MEDEIROS, M. L. D.; SANTOS, R. V.; TERTULIANO, S. S. X. Avaliação do estado nutricional de dez espécies arbóreas ocorrentes no Semiárido Paraibano. **Revista da Caatinga**. v. 21, n. 3, p. 31-39. Mossoró, 2008.

NOGUEIRA, C. A. **Avaliação da poluição atmosférica por metais na Região Metropolitana de São Paulo utilizando a Bromélia *Tillandsia usneoides* L. como biomonitor**. 2006. 93f. Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (USP). São Paulo, 2006.

NOVAK, D. J. Atmospheric carbon reduction by urban trees. **Journal of Environmental Management**, v. 37, p.207-217, 1993.

NOVAK, D. J.; McPHERSON, E. G. Quantifying the impact of trees: the Chicago urban forest climate project. **Unarylva**, v.44. n.175, p.39-44, 1993.

RENNENBERG, H.; The fate of excess sulfur in higher plants. **Annual Reviews of Plant Physiology**, v. 35, p. 121-153, 1984.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à Química Ambiental**. Bookman, 154 p. Porto Alegre (RS), 2004.

ROSSBACH, M.; JAYASEKRA, R.; KNIWALD, G.; THANG, N. H. Large scale air monitoring: lichen vs. air particulate matter analysis. **The Science of the Total Environment**, v. 232, p. 59-66, 1999. Disponível em www.sibi.usp.br. Acesso em 17 de jan. 2010.

SAVÓIA, E. J. L. **Potencial de *Transdecantia pálida* cv. *Purpurea* para biomonitoramento da poluição aérea de Santo André**. 2007. 118f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

SILVA, A. C.; VIDAL, M. Quantificação foliar de metais pesados em área de aterro. **Revista Verde de Agroecologia**, v.5, n. 4, p.144-147, 2010.

SOUZA, A.L., LEITE, H.G. **Regulação da produção em florestas inequiduais**. 147p. Viçosa, UFV, 1993.

STULEN, I., PEREZ-SOBA, M., DE KOK, L. J. & VAN DER EERDEN, L. Impact of gaseous nitrogen deposition on plant functioning. **New Phytologist**, n. 139, p. 61-70, 1998.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, CLESIO; BISSANI, C. A.; BOHNEM, HUMBERTO; VOLKWEISS, S. J. **Análises de Solo, Plantas e outros materiais**. Departamento de Solos – UFRGS. 2.ed rev. e ampl. 174p. Porto Alegre, 1995.

WASHINGTON, H.G. Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. **Water Research**, n.18, p. 653-694, 1984.

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

XIAO, Z.; SOMMAR, J.; LINDQVIST, O.; GIOULAKA, E. atmospheric mercury deposition to grass in southern Sweden. **The Science of the Total Environment**, v. 213, p. 85-94, 1998. Disponível em [ww.sibi.usp.br/sibi/biblioteca/revista seleção.php](http://ww.sibi.usp.br/sibi/biblioteca/revista_seleção.php). Acesso em 17 de jan. 2010.

APÊNDICES



Avenidas Pedro Firmino, sentido Leste (a) e Solon de Lucena/Epitácio Pessoa, sentido Sul (b) em Patos-PB



Vista geral da Avenida Pedro Firmino, sentido Oeste, em Patos-PB



Vegetação na Fazenda Nupeárido - Município de Patos-PB