

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ**

**FATORES AMBIENTAIS INFLUENCIANDO NO PROCESSO DE
FRACIONAMENTO DE FOLHAS DE ESPÉCIES DE MANGUE (SÃO
CAETANO DE ODIVELAS, PARÁ)**

MARIA EMÍLIA DA CRUZ SALES

**BELÉM
2000**

51
se
02

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ

**FATORES AMBIENTAIS INFLUENCIANDO NO PROCESSO DE
FRACIONAMENTO DE FOLHAS DE ESPÉCIES DE MANGUE (SÃO
CAETANO DE ODIVELAS, PARÁ)**

MARIA EMÍLIA DA CRUZ SALES
Geóloga

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias do Pará, como parte das
exigências do Curso de Mestrado em
Agronomia, área de concentração em Biologia
Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

0951
tese
02

Orientador
Eng.º Agr.º Carlos Augusto Cordeiro Costa, Doutor

UNIVERSIDADE FEDERAL
RURAL DA AMAZÔNIA
BIBLIOTECA

BELEM
2000

Biblioteca



09510029

SALES, Maria Emília da Cruz. *Fatores ambientais influenciando no processo de fracionamento de folhas de espécies de mangue (São Caetano de Odivelas, Pará)*. Belém: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 2000. 52 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – FCAP, 2000

CDD - 574.5098115
CDU - 634.981

MARIA EMÍLIA DA CRUZ SALES

**FATORES AMBIENTAIS INFLUENCIANDO NO PROCESSO DE
FRACIONAMENTO DE FOLHAS DE ESPÉCIES DE MANGUE (SÃO
CAETANO DE ODIVELAS, PARÁ)**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Biologia Vegetal, para obtenção do título de **Mestre**.

APROVADA em 25 de janeiro de 2000

Comissão Examinadora:

Eng.º Agr.º Carlos Augusto Cordeiro Costa, Doutor (FCAP)
(Orientador) _____

Geol. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo, Doutora (MPEG) _____

Maria de Lourdes Ruivo

Eng.º Agr.º Maria Marly de Lourdes Silva Santos, Doutora (FCAP) _____

Eng.º Agr.º Benedito Gomes dos Santos Filho, Doutor (FCAP) _____

Aos meus pais ALMIR E LOURDES
Aos meus filhos JOANA, PEDRO e RODRIGO
Ao JOÃO ALBERTO
Dedico

AGRADECIMENTOS

- ❑ Ao curso de Mestrado em Agronomia da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ pela oportunidade de apresentar este trabalho;
- ❑ Ao Museu Paraense Emílio Goeldi pela infra estrutura proporcionada;
- ❑ À SUDAM (Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia) pela cessão do Laboratório de Tecnologia Mineral e Meio Ambiente e de seus técnicos;
- ❑ À SECTAM pelo financiamento do projeto MANGUEZAIS PARAENSES: RECURSOS NATURAIS E INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE pelo FUNTEC;
- ❑ Ao Prof.Dr. CARLOS AUGUSTO C. COSTA pela orientação segura e companheira;
- ❑ À Dra. MARIA THEREZA PROST, coordenadora do projeto MANGUEZAIS PARAENSES: RECURSOS NATURAIS E INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE no âmbito do qual este trabalho foi desenvolvido;
- ❑ Aos colegas e amigos do departamento JOSÉ FRANCISCO BERREDO e AMILCAR MENDES pelo apoio, incentivo e discussões sobre o trabalho;
- ❑ À colega ELYDIA PAULINA BUSETTI pelo companheirismo;
- ❑ Ao JOSUÉ pelo auxílio nos trabalhos de campo
- ❑ Aos meus filhos pela paciência e responsabilidade nos dias de ausência;
- ❑ Aos técnicos do laboratório de Solos da FCAP ISA MARIA DIAS E SOUZA e CARLOS CÉSAR FERREIRA PEREIRA pelo auxílio nas análises de solo e vegetação;
- ❑ À química da SUDAM IEDA HAGMANN BENTES SOFFIATTI pelas análises de Absorção Atômica e orientações analíticas;
- ❑ Aos colegas JOSÉ PAULO SARMENTO, JOSÉ MAXIMIANO DE OLIVEIRA LOPES e OSCAR JESUS DE OLIVEIRA do Departamento de Ecologia pelo auxílio nas análises e trabalhos de campo;
- ❑ E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho;

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	9
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1. DESCRIÇÃO SUCINTA DAS ESPÉCIES	16
2.1.3.1. 1. <i>Rhizophora mangle</i> L.....	16
2.1.3.1. 2. <i>Avicennia germinans</i> L.....	17
2.1.3.1. 3. <i>Laguncularia racemosa</i> Gaertn.....	17
2.1.3.1. 4. <i>Acrostichum aureum</i>	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. ÁREA DE ESTUDO	19
3.1.1. Localização.....	19
3.1.2. Clima.....	19
3.1.3. Composição florística	19
3.2. EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO DE FOLHAS.....	23
3.3. SOLO.....	23
3.4. ANÁLISE DE LABORATÓRIO	23
3.4.1. Preparação das amostras	23
3.4.1.1. Folhas	23
3.4.1.2. Solo.....	25
3.4.2. Determinações analíticas.....	25
3.4.2.1. Material Vegetal	25
3.4.2.1.1. Matéria Orgânica e Carbono Orgânico.....	25
3.4.2.1.2. Macro e Micronutrientes.....	25
3.4.2.1.3. Nitrogênio Total	25
3.4.2.1.4. Proteína Total	25
3.4.2.1.5. Fósforo (PO ₄).....	25
3.4.2.2. Solo.....	25
3.4.2.2.1. Salinidade intersticial.....	25
3.4.2.2.2. Potencial hidrogeniônico (pH) e Potencial de oxi-redução(eH)	25
3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA:.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1. SOLOS HIDROMÓRFICOS.....	27
4.2. DECOMPOSIÇÃO DE FOLHAS	33
5. CONCLUSÕES.....	48
6. RECOMENDAÇÕES.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Localização da área de estudo.....	20
Figura 2 -	Dados de precipitação pluviométrica e temperatura do ar do ano de 1998, cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estação Soure.....	21
Figura 3 -	Dados de e umidade relativa do ar do ano de 1998, cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estação Soure.....	21
Figura 4 -	Aspecto da vegetação da área I. <i>Rhizophoras</i> adultas e <i>Avicennias</i>	22
Figura 5 -	Aspecto da vegetação da área II. Nota-se em primeiro plano exemplares de <i>Rhizophora</i> e <i>Acrostichum</i> ao fundo.....	22
Figura 6 -	Sacos de decomposição dispostos sobre o solo de mangue.....	24
Figura 7 -	Coleta de solo de mangue com trado de lama, ao fundo. Em primeiro plano solo acondicionado em papel alumínio.....	24
Figura 8 -	Determinações de pH e eH no solo de mangue.....	26
Figura 9 -	Valores de pH de solos da área I correspondentes as três espécies estudadas	27
Figura 10 -	Valores de pH de solos da área II correspondentes às três espécies vegetais estudadas	28
Figura 11 -	Valores de eH de solos da área I correspondentes as três espécies vegetais estudadas na região de São Caetano de Odivelas no período chuvoso de 1998.....	29
Figura 12 -	Valores de eH de solos da área II correspondentes as três espécies vegetais estudadas na região de São Caetano de Odivelas no período chuvoso de 1998.....	30
Figura 13 -	Valores de salinidade de solos da área I correspondentes as três espécies estudadas na região de São Caetano de Odivelas no período chuvoso de 1998.....	31
Figura 14 -	Valores de salinidade de solos da área II correspondentes as três espécies vegetais estudadas na região de São Caetano de Odivelas no período chuvoso de 1998.....	31
Figura 15 -	Valores de perda de peso de folhas de <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicennia germinans</i> e <i>Laguncularia racemosa</i> da região de São Caetano de Odivelas durante a estação chuvosa de 1998. (área II).....	32
Figura 16 -	Valores de perda de peso de folhas de <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicennia germinans</i> e <i>Acrostichum aureum</i> da região de São Caetano de Odivelas durante a estação chuvosa de 1998. (área II).....	33

Figura 17 -	Valores de Nitrogênio (g/Kg) em folhas de <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicennia germinans</i> e <i>Laguncularia racemosa</i> (área I) na estação chuvosa de 1998.....	36
Figura 18 -	Valores de Nitrogênio (g/Kg) em folhas de <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicennia germinans</i> e <i>Acrostichum Aureum</i> . (área II) na estação chuvosa de 1998.....	36
Figura 19 -	Valores da Razão Carbono-Nitrogênio ao longo do processo de decomposição de folhas de mangue na área I durante a estação chuvosa de 1998.....	40
Figura 20 -	Valores da Razão Carbono-Nitrogênio ao longo do processo de decomposição de folhas de mangue na estação chuvosa de 1998 (área II).....	40
Figura 21 -	Valores de Carbono Orgânico ao longo do processo de decomposição de folhas de mangue na estação chuvosa (área I).....	41
Figura 22 -	Valores de Carbono Orgânico ao longo do processo de decomposição de folhas de mangue na estação chuvosa de 1998 (área II).....	41
Figura 23 -	Valores de Fósforo ao longo do processo de decomposição de folhas de mangue na estação chuvosa (área I).....	42
Figura 24 -	Valores de Fósforo ao longo do processo de decomposição de folhas de mangue na estação chuvosa (área I).....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Quadrados médios e Teste F das variáveis físico - químicas observadas em solos de mangue da região de São Caetano de Odivelas	27
Tabela 2 -	Valores de pH, eH (mV) e salinidade (‰) de solos de mangue das áreas I e II	29
Tabela 3 -	Constante de decaimento (K) e meia vida (t_{50}) para folhas de <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicennia germinans</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> e <i>Acrostichum aureum</i> nas duas áreas estudadas na estação chuvosa de 1998	35
Tabela 4 -	Quadro de análise de Variância para dados de folhas em decomposição, região de São Caetano de Odivelas, estação chuvosa de 1998.....	37
Tabela 5 -	Médias de Valores de Perda de peso, Carbono Orgânico, Proteína, Nitrogênio, relação C/N e Fósforo, (área I e II)	38
Tabela 6 -	Médias de resultados de Proteína Total (%) de amostras de folhas de espécies de mangue durante o processo de decomposição.....	45

RESUMO: O amplo estudo sobre a ciclagem de nutrientes no ecossistema de manguezal é de suma importância para o conhecimento de sua produtividade. Os processos de decomposição da serapilheira tornam a matéria orgânica produzida nos manguezais disponível aos organismos consumidores. O conhecimento da taxa de decomposição de espécies vegetais é um parâmetro importante a ser considerado na ciclagem dos nutrientes minerais de qualquer ecossistema. Dependendo da velocidade de decomposição teremos formação de matéria orgânica, essencial para manutenção da vida e do equilíbrio dos ecossistemas. Esse estudo teve como objetivo determinar as taxas de decomposição de folhas de diferentes espécies de mangue, comparar a velocidade de decomposição das folhas de mangue com outras regiões de ambiente semelhante e verificar a concentração de micro e macro nutrientes nos tecidos vegetais das espécies de mangue durante o processo de decomposição durante a estação de maior pluviosidade em duas áreas com diferente composição florística, como subsídio ao estudo da ciclagem de nutrientes do ecossistema de manguezal. As duas áreas escolhidas possuíam como revestimento florístico: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia germinans* (área I) e *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Acrostichum aureum* (área II). Os solos da área apresentaram pH ligeiramente ácidos para as duas áreas, eH redutor na área I e eH oxidante na área II, sendo nesse aspecto as áreas bem diferenciadas e salinidade de modo geral mais elevada na área I do que na área II. A espécie que apresentou os maiores teores iniciais de nutrientes e a maior taxa de decaimento de peso (k) foi a *Avicennia germinans* nas duas áreas de estudo não havendo diferença significativa entre as áreas. Por outro lado, espécie com menor decaimento de peso foi a *Rhizophora mangle* em ambas as áreas estudadas. Durante a estação chuvosa em área com influência de água doce, a *Avicennia germinans* foi a espécie de maior velocidade de decomposição enquanto a *Rhizophora mangle* foi a de menor. A diferença na composição florística não foi fator determinante na velocidade de decomposição.

1. INTRODUÇÃO

O ecossistema de manguezal é definido como ecossistema costeiro, de transição entre os ambientes terrestre e marinho, característico de regiões tropicais e subtropicais, sujeito a regimes de marés. É constituído de espécies vegetais lenhosas típicas (angiospermas), além de micro e macroalgas (criptógamas), adaptadas à flutuação de salinidade e caracterizadas por colonizarem solos predominantemente lodosos, com baixos teores de oxigênio (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

No Brasil os estudos de decomposição estão mais concentrados nas regiões Sul e Sudeste (PONTE et al 1984 e 1990; ADAIME 1985; PANITZ 1986; SCHMIDT 1988 SESSEGOLO & LANA 1991 e MENEZES 1994).

Os manguezais do nordeste do Pará são ainda relativamente pouco perturbados, em comparação com outros do norte brasileiro, constituindo um excelente "laboratório" para o estudo do funcionamento atual destas florestas. Com efeito, os manguezais constituem um meio ecótono, um filtro (área de passagem de energia e material), um ecossistema aberto e um "termômetro" ultra-sensível das variações biogeoquímicas e solológicas do meio. Uma modificação das condições ambientais, mesmo limitada no tempo e no espaço, pode vir a ter repercussões na vitalidade ou no dinamismo do ecossistema.

Neste contexto, é que se propõe este trabalho, visando determinar as taxas de decomposição de folhas de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, espécies típicas de mangue, e de *Acrosticum aureum*, comparar a velocidade de decomposição das folhas de mangue com outras regiões e verificar a concentração de micro e macro nutrientes nos tecidos vegetais dessas espécies durante o processo de decomposição na estação de maior pluviosidade, como subsídio ao estudo da ciclagem de nutrientes deste ecossistema.

2. REVISÃO DE LITERATURA

No Brasil, os manguezais estão distribuídos desde 4° 20' N até 28° 30' S, sendo representados por bosques com características estruturais bem variadas. Cobrem 1,4 milhões de ha (10% do total mundial) dos quais cerca de 270.000 ha (19,3 % do total brasileiro) ocupam as costas do Pará (SENNA, 1995).

No litoral brasileiro os manguezais mais exuberantes estão localizados praticamente em uma faixa contínua, de 50 a 60 Km de largura, ao longo de todo o litoral dos estados do Maranhão, Pará (incluindo parte da ilha do Marajó e toda a foz do rio Amazonas, pouco além da cidade de Belém) e do Amapá.(JOLY, 1970).

O litoral paraense situa-se em plena zona equatorial e em topografia baixa, quase plana, com características de costa em via de submersão, sendo comuns as rias. Esse trecho da costa brasileira extremamente recortado por canais e estuários afogados, entulhados por aluviões, baías ponteadas de ilhas e sofrendo a influência constante da maré, que penetra nesses recortes, constitui habitat perfeito para a proliferação dos manguezais (FERREIRA, 1989).

O manguezal é um sistema ecológico formado por um bosque tropical onde se misturam água marinha e água doce de um ou mais rios (VELES, 1978). Representa certas associações vegetais e anfíbias, lenhosas e perenifólias, ocorrendo em regiões de costa protegida. Seu maior desenvolvimento encontra-se nas áreas onde o relevo topográfico é suave e a amplitude de maré é alta (RODRIGUES & ROQUETTI, 1983).

As florestas de mangue são um aspecto notável dos litorais tropicais de todo o mundo. Sua localização, restrita à faixa entremarés, faz com que sejam verdadeiros pontos de ligação entre os ambientes marinho e terrestre.

Nos manguezais, encontra-se pouca variedade de espécies de árvores, mas grande número de indivíduos por espécie. A natureza do substrato em áreas de mangue pode ser variável (lamas, areias, ambientes hipersalinos, encharcados, relativamente secos, consolidados, asfixiantes, móveis, rochosos, etc.). Cada espécie adapta-se ao meio ambiente, com mecanismos específicos. Por exemplo, a sedimentação lamosa cria condições anaeróbicas que impedem uma oxidação correta da matéria orgânica pelas bactérias; a água pouco oxigenada e de baixa profundidade favorece as fermentações anaeróbicas que transformam os depósitos em lamas escuras com cheiro de enxofre. Assim, a acumulação de matéria orgânica não oxidada não contribui, em última análise, para a seleção dos tipos de espécies que implantam-se segundo suas necessidades.

Na costa brasileira, há três espécies dominantes: o mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), o mangue siriúba (*Avicennia schaueriana*), o mangue branco (*Laguncularia racemosa*) (LACERDA, 1984). Estas árvores desenvolveram várias formas de adaptação que permitiram seu sucesso na colonização do ambiente costeiro, principalmente em relação a regulação das concentrações internas de sais como sistemas fisiológicos capazes de literalmente “filtrar” a água salgada durante o processo de absorção de sais pela raiz e sistemas glandulares capazes de excretar o excesso de sais absorvidos através da folhas.

Outro conjunto de adaptações importantes se relaciona com a troca de gases entre o sistema de raízes da planta e o solo. Por exemplo, as raízes dos mangues de *Rhizophora* têm, em sua parte aérea, numerosas e minúsculas cavidades, as lenticelas, que asseguram as trocas gasosas e oxigenação do sistema radicular subterrâneo. Durante a maré baixa, sob o duplo efeito da temperatura e do vento, as pequenas cavidades se desidratam e deixam entre si, importantes interstícios que permitem a penetração do ar. Durante a maré alta, as cavidades são reidratadas e o sistema fica obstruído. Os sais não podem penetrar no interior das raízes. No caso da *Avicennia* são os pneumatóforos (raízes com geotropismo negativo) que emergem da lama aos milhares. Estes tipos de estrutura, assim como a base dos troncos da *Laguncularia*, que também apresentam as lenticelas, além de fornecer condições para a plena circulação de gases entre a planta e o meio, aumentam a área total de sustentação da árvore e facilitam a colonização do sedimento pouco compactado.

O bom funcionamento dos ecossistemas de mangue depende de alguns fatores de importância vital, entre os quais se inclui a estabilidade do solo e um suprimento adequado de água doce e de nutrientes.

O suprimento adequado de nutrientes está intimamente relacionado com o suprimento de água. De modo geral, as principais vias de entrada de nutrientes para o ecossistema são a maré alta, que traz os nutrientes em solução na água do mar; as cheias dos rios e demais cursos d'água da rede de drenagem, que depositam no interior do mangue partículas finas às quais os nutrientes se encontram adsorvidos e, finalmente, as chuvas e a deposição de salsugem marinha (maresia), que transportam e depositam no meio nutrientes vindos da própria atmosfera. A principal via de saída é a exportação, durante a maré baixa, dos detritos produzidos pelo mangue. Esse material originado é considerado a mais importante fonte de energia nas águas costeiras e é conhecido pelo nome de serrapilheira (CIÊNCIA HOJE, 1996; SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

Entre os diversos destinos da serrapilheira produzida pelos manguezais, existem dois que merecem ser destacados: ficar sobre o próprio piso do bosque, sendo consumida por detritívoros, ao mesmo tempo que vai se decompondo e, como foi mencionado acima, ser transportada pelas águas que lavam os manguezais durante as premares, sofrendo processo de decomposição nas águas costeiras adjacentes.

Os processos de decomposição da serrapilheira tornam a matéria orgânica produzida nos manguezais disponível aos organismos consumidores. Nos manguezais e nas águas costeiras vizinhas, a matéria orgânica originada dos detritos é muito importante para as cadeias alimentares, sendo que em algumas regiões costeiras a produção das espécies de mangue possui significado muito maior que o das algas (fitoplâncton e fitobentos).

As cadeias alimentares começam com os produtores primários, sintetizando matéria orgânica a partir da energia solar. Esse material é necessário aos herbívoros que, por sua vez servem de alimento aos carnívoros dos vários níveis tróficos. Por ocasião da decomposição dos tecidos vegetais do mangue, tende a haver um enriquecimento em proteínas totais, enquanto a serrapilheira é transformada em detrito. Durante os diferentes processos que integram a chamada decomposição, ocorre decréscimo das proteínas vegetais e aumento daquelas de origem animal e bacteriana, com aumento da superfície disponível à colonização das partículas de origem vegetal.

O amplo estudo sobre a ciclagem de nutrientes no ecossistema de manguezal é de suma importância para o conhecimento de sua produtividade. Os elementos químicos, inclusive todos os elementos essenciais do protoplasma, tendem a circular na biosfera em vias características, do ambiente aos organismos e destes, novamente, ao ambiente. Estas vias mais ou menos circulares se chamam ciclos biogeoquímicos. O movimento desses elementos e compostos inorgânicos que são essenciais para a vida pode ser adequadamente denominado ciclagem de nutrientes.(ODUM,1988) Cada ciclo pode também ser subdividido em 2 compartimentos : a) reservatório, componente maior, de movimentos lentos, geralmente não-biológico, b) compartimento lábil ou de ciclagem, uma parcela menor, porém, mais ativa que se permuta, rapidamente entre organismos e seu ambiente imediato. Existem dois tipos básicos : 1) gasoso, onde o reservatório está localizado na atmosfera ou hidrosfera e o tipo sedimentar, cujo reservatório está localizado na crosta terrestre.

Nos estudos desenvolvidos em várias partes do mundo verificou-se que, na maioria das vezes, o material foliar proveniente de bosques de mangue dominados pela siriúba (*Avicennia*) tende a se decompor mais rapidamente que aqueles gerados pelas folhas de *Rhizophora* (mais lento) ou pela *Laguncularia*, com taxa intermediária entre os dois gêneros anteriores. Essas taxas são também influenciadas pelas frequências de inundação determinantes, inclusive, das formas em que a matéria orgânica é exportada.

O conhecimento da taxa de decomposição de espécies vegetais é um parâmetro importante a ser considerado na ciclagem dos nutrientes minerais de qualquer ecossistema. Dependendo da velocidade de decomposição teremos formação de matéria orgânica, essencial para manutenção da vida e do equilíbrio dos ecossistemas de manguezais na retenção dos cátions (nutrientes vegetais) e na liberação de nutrientes como nitrogênio, fósforo, enxofre, boro dentre outros para os vegetais, influenciando desta forma a

capacidade de troca de cátions, a ação quelante de íons metálicos protegendo-os da insolubilização e o poder tampão.

As partes externas dos manguezais tendem a exportar material particulado, enquanto mais para o interior dos bosques, onde a circulação é menos intensa a serrapilherira sai sob a forma de partículas de detrito e como material dissolvido.

A matéria orgânica dissolvida pode ser utilizada diretamente, ou então após ser transformada em agregados orgânicos devido a processos físicos tais como floculação e coagulação. O material floculado precipita convertendo-se em importante fonte de alimento para peixes e camarões.

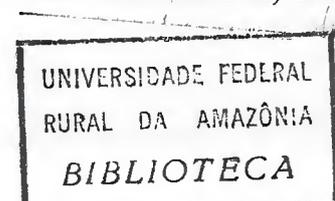
De maneira geral, pode-se inferir que grande parte da produtividade dos manguezais se transforma em tecidos de peixes e de outros organismos marinhos, capturados pelas frotas pesqueiras comercial e artesanal.

Devido a sua estrutura o manguezal cria numerosos nichos. Espécies de peixes, crustáceos e moluscos passam toda ou pelo menos parte de suas vidas no manguezal, utilizando os diversos habitats para alimentação, reprodução, desova, crescimento e também proteção contra predadores (ARAÚJO & MACIEL, 1979). Por isso os manguezais são considerados berçários naturais (MASTALLER, 1987).

Os manguezais estão entre as comunidades florestais mais produtivas (LUGO & SNEDAKER, 1974). Através da decomposição de uma parte da produção de suas folhas e de sua posterior transformação em partículas em suspensão, os manguezais caracterizam-se como importante fonte energética para a cadeia alimentar marinha, após transporte via maré. A decomposição das folhas também é fundamental na reciclagem de nutrientes, sendo estes utilizados pelas plantas na regeneração e crescimento dos tecidos e na produção de estruturas reprodutivas.

SWIFFT et al. (1979) citam como principais fatores controladores da decomposição em ambientes terrestres a qualidade do recurso, o ambiente físico-químico e a natureza da comunidade decompositora. No que se refere à qualidade do recurso, tanto os aspectos químicos (disponibilidade de energia e nutrientes; presença de substâncias inibidoras como polifenóis) como os aspectos físicos (presença de cera e espessura da cutícula) atuam como reguladores da decomposição (SWIFT et al., 1979; CUNDELL et al. 1979; PANITZ, 1986). Os fatores físico-químicos ambientais que atuam na decomposição de ecossistemas terrestres são divididos em: clima e ambiente edáfico. (SWIFT et al. 1979). No caso dos manguezais, estes incluem alguns outros fatores, como por exemplo, a salinidade (STEINKE & CHARLES 1986). Além disso, o regime hidrológico e a geomorfologia são também importantes na regulação da decomposição (TWILLEY 1982;1988; TWILLEY et al. 1986).

Com relação à comunidade decompositora, é reconhecida a importância dos microorganismos como aceleradores do processo bem como no enriquecimento de detritos, tornando-os materiais de grande valor nutritivo (CUNDELL et al 1979; FELL & MASTER 1973; 1980 e BENNER et al 1986) Os detritos



foliares enriquecidos passam a servir de alimento para os níveis tróficos superiores, alimentando uma grande quantidade de organismos detritívoros como os anfípodos pequenos caranguejos, entre outros (ODUM & HEALD 1972).

Os processos internos de fixação de energia, acumulação de biomassa, decomposição de matéria orgânica morta, ciclagem de nutrientes e a própria distribuição dos manguezais são fortemente influenciados por um pequeno conjunto de processos externos (ODUM et al., 1982 e SAENGER, 1983) destacando-se o clima, o aporte de água doce, a amplitude de marés e o fornecimento de nutrientes.

Um adequado suprimento de nutrientes é fundamental para manter a integridade e a continuidade das populações de plantas de mangue através da reconstrução de tecidos e da reprodução de indivíduos. A ciclagem interna é um importante mecanismo que coloca os nutrientes novamente disponíveis para o organismo, através da decomposição microbiana do material orgânico, permitindo ao ecossistema fixar e estocar grandes quantidades de nutrientes essenciais (VAN DER VAL & ATTIWILL, 1984 e ZUBERER & SILVER, 1978).

Entre os vários parâmetros estruturais que caracterizam o ecossistema manguezal, a distribuição e o fluxo de nutrientes estão entre os mais importantes. Estes parâmetros podem ser resumidos por compartimentos de imobilização e acumulação de nutrientes (ex. solo, serapilheira e biomassa da vegetação). Eles estão ligados através da absorção de nutrientes pela planta e sua transferência para o solo através da queda da serapilheira e sua subsequente decomposição.

2.1. DESCRIÇÃO SUCINTA DAS ESPÉCIES

2.1.3.1. 1. *Rhizophora mangle* L.

Classificação sistemática segundo CRONQUIST (1988)

Divisão Magnoliophyta

Classe Magnoliopsida

subclasse V. Rosidae

Ordem 7. Rhizophorales

Família 1. Rhizophoraceae

Segundo CRONQUIST (1988), a Ordem Rhizophorales consiste na família Rhizophoraceae, com aproximadamente 100 espécies, distribuídas na região tropical. Os gêneros de mangue (Tribo Rhizophoreae, 4 gêneros, 17 espécies) são os membros mais conhecidos da família, apesar da maioria dos gêneros e espécies serem plantas de terra firme e não de mangues.

São plantas lenhosas contendo substâncias tânicas de porte arbóreo, (JOLY, 1966). Arbustos ou árvores (LAWRENCE, 1951) arbustos, árvores e trepadeiras (menos freqüente do que árvores) (MOORE & HON, 1985). As folhas são simples e inteiras, geralmente opostas com estípulas, raramente alternadas e sem estípulas (MOORE & HON, 1985), coriáceas e persistentes (LAWRENCE, 1951).

2.1.3.1. 2. *Avicennia germinans* L.

Classificação sistemática segundo CRONQUIST (1988)

Divisão Magnoliophyta

Classe Magnoliopsida

Subclasse VI Asteridae

Ordem 3 Lamiales

Família 1. Verbenaceae (*Avicenniaceae*)

O gênero *Avicennia* é pantropical com 8 espécies, ocupando diferentes habitats no mangue. O gênero é uniforme na sua morfologia e anatomia, árvores de 30 m ou quando depauperadas arbustos densos

2.1.3.1. 3. *Laguncularia racemosa* Gaertn.

Classificação sistemática segundo CRONQUIST (1988)

Divisão Magnoliophyta

Classe Magnoliopsida

subclasse V Rosidae

Ordem 6 Myrtales

Família 14. Combretaceae

O gênero *Laguncularia* é monotípico, comum e dominante na oeste da África, Caribe e América tropical.

Árvore de pequeno porte possuindo folhas simples e opostas, glabras e coriáceas (DIALLO et al. 1997).

2.1.3.1. 4. *Acrostichum aureum*

Classificação sistemática segundo LAWRENCE (1951)

Divisão III Pteridophyta

Classe V Filicinae

Subclasse Leptosporangiatæ

Ordem 8 Eufilicales

Família Polypodiaceae

TOMLINSON, 1986 considera o gênero *Acrostichum* (Família Pteridaceae) como um elemento menor do manguezal que pode ocupar habitats periféricos e somente raramente formam comunidades puras. Distinguem-se por não apresentar-se como um elemento notável da vegetação. Pode tornar-se dominante em áreas perturbadas, podendo, também existir em áreas não perturbadas devido a sua habilidade em colonizar sítios elevados que não são inundados pela maré alta.

MEDINA et al., 1990 em seu trabalho verificaram que o estresse salino em condições de sombreamento é menos pronunciado, provavelmente como resultado de uma menor demanda evaporativa levando a uma taxa mais vagarosa de acumulação de sal nos tecidos, concluíram que é uma espécie tolerante ao sombreamento que tira vantagens do estresse salino reduzido das condições de sombreamento, porém requer para seu desenvolvimento máximo, capacidade reprodutiva e produtividade da exposição ao sol.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

3.1.1. Localização

Para a realização deste trabalho foram escolhidas duas áreas às margens da PA 140 na região de São Caetano de Odivelas, nordeste do estado do Pará (Figura 1), localizadas na margem direita do rio Mojuim, principal drenagem da região. As áreas são contíguas separadas por uma distância de 100 m.

3.1.2. Clima

O clima da região possui média anual (1998) de precipitação de 2863,2 mm. As chuvas não são distribuídas uniformemente durante o ano (Figura 2) com os meses mais chuvosos de dezembro a maio e os mais secos de junho a novembro, sendo janeiro o mês de maior precipitação e outubro o de menor.

A temperatura média apresentou pequena variação ao longo do ano de 1998. A temperatura mais baixa foi de 26,8^oC (março) e a mais alta de 28,9^oC (outubro) (Figura 2).

A umidade relativa do ar apresentou uma variação média de 74% (setembro e outubro) a 89% (março). (Figura 3).

3.1.3. Composição florística

Ao se escolher as áreas para o desenvolvimento deste estudo, levou-se em consideração, principalmente, a composição florística, objetivando a comparação da velocidade de decomposição das espécies em locais com diferentes associações vegetais.

De acordo com levantamento realizado através do método do quadrante e processado pelo software PARAMS versão 2.0, desenvolvido pela UNICAMP, a primeira área, denominada neste trabalho de Área I, possui a seguinte composição florística: *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* Gaertn. e *Avicennia germinans* L., apresentando 58,33%, 16,67% e 25% de frequência relativa, respectivamente.(Figura 4)

A segunda área, denominada neste trabalho de Área II, possui a seguinte composição florística: *Rhizophora mangle* L., *Avicennia germinans* L. e *Acrostichum aureum*, apresentando frequência relativa igual a anterior com 68 indivíduos de *Acrostichum aureum*.(Figura 5)

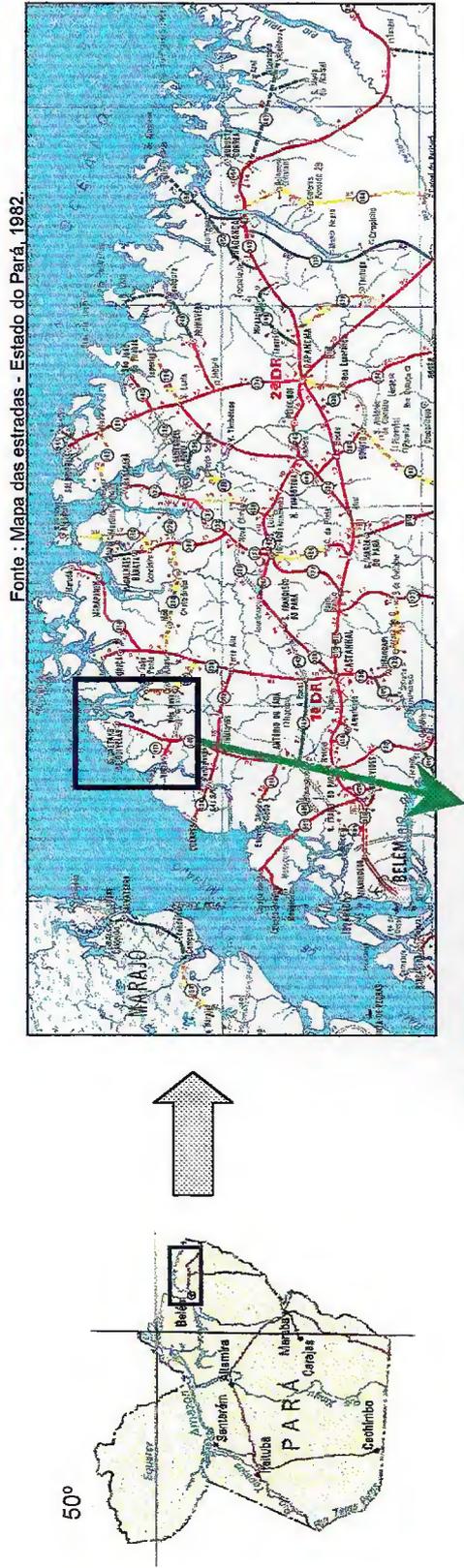


Figura 1: Localização da área de estudo.

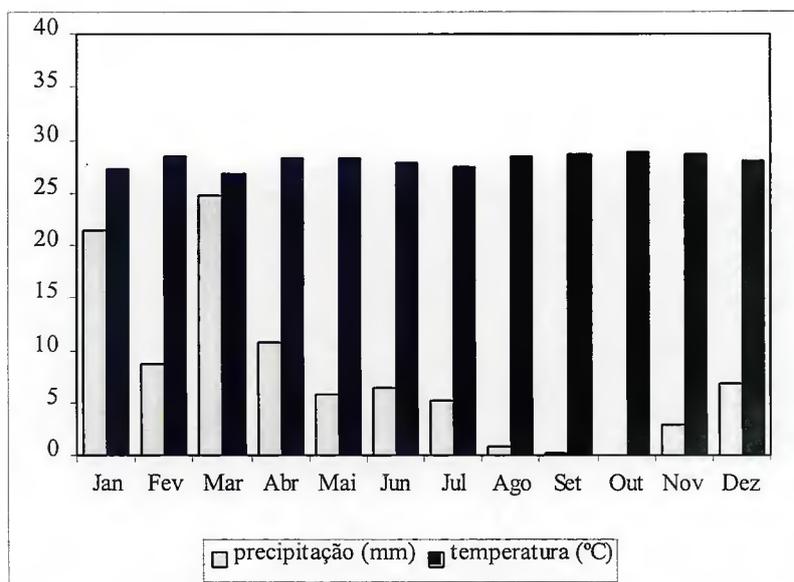


Figura 2 : Dados de precipitação pluviométrica e temperatura do ar do ano de 1998, cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estação Soure

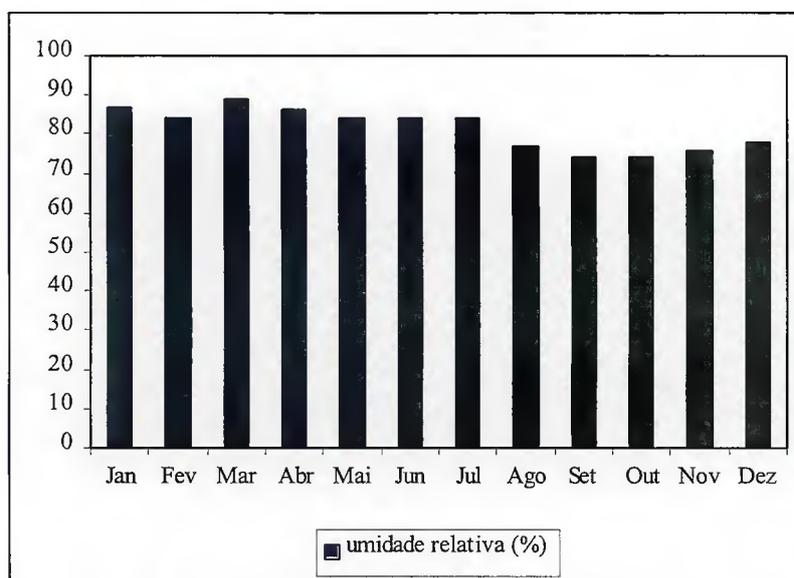


Figura 3 : Dados de umidade relativa do ar do ano de 1998, cedidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), estação Soure



Figura 4: Aspecto da vegetação da área I. *Rhizophoras* adultas e *Avicennias*.



Figura 5: Aspecto da vegetação da área II. Nota-se em primeiro plano exemplares de *Rhizophora* e *Acrostichum* ao fundo.

3.2. EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO DE FOLHAS

O experimento foi montado no campo, nas duas áreas selecionadas durante a estação de maior pluviosidade (período de janeiro a junho de 1998). Foram coletadas folhas amareladas ou prestes a cair com o mesmo grau de maturidade de cada uma das espécies ocorrentes no mangue e acondicionadas em sacos de náilon com 2mm de malha, desta maneira, constitui-se um conjunto de sacos com folhas de diferentes espécies e fixados à superfície do solos com fios de náilon (Figura 6). Os sacos de *Rhizophora mangle* e de *Laguncularia racemosa* continham 20 g de folhas e os de *Avicennia germinans* e *Acrostichum aureum* 10 g, estimando-se o peso seco pelo fator de conversão calculado a partir da fórmula:
$$\text{Peso seco}_{\text{estufa}} / \text{Peso úmido}_{\text{campo}} = fc \Leftrightarrow \text{Peso seco inicial}_{\text{estimado}} = \text{Peso úmido}_{\text{campo}} \times fc$$

A cada quinze dias um conjunto de sacos foi retirado e as folhas preservadas em formol 4 % ainda no local de coleta. As folhas foram secas até peso constante obtendo-se o peso remanescente pela fórmula:

$$\% \text{ remanescente} = \frac{\text{peso seco final}}{\text{peso seco inicial}} \times 100$$

A taxa de decomposição (K) é dada pela fórmula :

$$Y_t/Y_0 = e^{-Kt} \Leftrightarrow Y_t/Y_0 = \text{proporção do material remanescente no tempo } t$$

t = tempo de decomposição.

3.3. SOLO

As amostras de solo foram coletadas às proximidades das principais espécies de mangue encontradas na área até uma profundidade de 1 m utilizando-se trado de lama e armazenadas em papel de alumínio.

3.4. ANÁLISE DE LABORATÓRIO

3.4.1. Preparação das amostras

3.4.1.1. Folhas

Em laboratório, as folhas foram submetidas à lavagem cuidadosa para retirar o solo agregado e colocadas a secar, primeiramente em temperatura ambiente, e depois de eliminada a umidade levadas a secar em estufa a 45° C até peso constante. Depois de secas foram trituradas e moídas.



Figura 6: Sacos de decomposição dispostos sobre o solo de mangue



Figura 7: Coleta de solo com trado de lama. Em primeiro plano solo acondicionado em papel alumínio.

3.4.1.2. Solo

O solo foi seco ao ar, destorroado e peneirado.

3.4.2. Determinações analíticas

3.4.2.1. Material Vegetal

3.4.2.1.1. Matéria Orgânica e Carbono Orgânico

A matéria orgânica foi determinada por titulação com sulfato ferroso amoniacal, solução de Morh 0,1 N, proposto por Walkley-Black (descrito por JACKSON, 1965). O carbono orgânico foi determinado a partir da MO, pelo uso da fórmula : $\% CO = MO / 1,72$

3.4.2.1.2. Macro e Micronutrientes

Para a determinação dos macro e micro-nutrientes, as amostras foram submetidas à digestão nitro-perclórica (5:1). Os elementos Ca, Mg e Fe (ppm), foram determinados, por espectrometria de Absorção Atômica em Espectrofotômetro GBC AA 904; Na e K (ppm) com fotômetro de chama CORNING 400

3.4.2.1.3. Nitrogênio Total

A porcentagem de Nitrogênio foi determinada pelo Método Semi-micro Khjedhal.

3.4.2.1.4. Proteína Total

Determinada através do cálculo : $\% Proteína = \% N \times 6,25$.

3.4.2.1.5. Fósforo (PO_4)

Foi determinado pelo método colorimétrico e obtido em ppm e porcentagem

3.4.2.2. Solo

3.4.2.2.1. Salinidade intersticial

Por refratometria ótica

3.4.2.2.2. Potencial hidrogeniônico (pH) e Potencial de oxi-redução (eH)

Por métodos potenciométricos

3.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA:

Para a análise estatística foi aplicada análise de variância e teste de comparação de médias de Tukey. Para os cálculos utilizou-se o software NTIA versão 4.2.1 de outubro de 1995 desenvolvido pela EMBRAPA.



Figura 8: Determinações de pH e eH no solo de mangue

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. SOLOS HIDROMÓRFICOS

As análises de solo do presente trabalho tiveram como propósito caracterizar o ambiente físico-químico em que se processaria a decomposição de folhas, objeto do estudo. LACERDA et al. 1993 mostraram que próximo à rizosfera das espécies de mangue, os solos são muito influenciados pela atividade biológica das raízes dependentes da espécie, sendo a composição dos solos relacionada à vegetação que os recobre.

Portanto, nesse capítulo serão apresentados os resultados de pH, eH e salinidade analisados nos testemunhos amostrados ao longo dos meses de duração do experimento.

Na análise estatística dos dados considerou-se como repetições os resultados obtidos nos meses amostrados, já que, não foi verificada diferença significativa entre os meses de janeiro a junho de 1998, com exceção do mês de julho que apresentou salinidade mais elevada.

Os solos de ambas as áreas são argilosos até a profundidade amostrada (1 m), possuindo coloração cinza esverdeada, apresentando restos de raízes decompostas, manchas de coloração cinza escura e concentrações castanho avermelhadas nas zonas oxidadas ao longo dos perfis amostrados.

A análise de variância mostrou que há diferenças significativas nas três variáveis estudadas apenas para área e profundidade. Não ocorreram diferenças significativas para nenhuma das interações. Desta forma aplicou-se o teste de comparação de médias para área e espécie e aplicou-se regressão para a profundidade (Tabela 1).

Com relação ao pH, as amostras apresentaram, de modo geral, pH ácido variando em superfície de 5,7 a 6,3 e em profundidade de 6,3 a 6,9 evidenciando um aumento em profundidade. Até 20 cm a variação foi pequena da ordem de 0,1 para todos os perfis estudados.

Na área I, nas profundidades de 2 e 5 cm não evidenciou-se variação no valor de pH que se manteve constante (5,7) nas amostras de todas as espécies (Figura 9)

Tabela 1: Quadrados médios e Teste F das variáveis físico - químicas observadas em solos de mangue da região de São Caetano de Odivelas. (ns) não significativo

Fonte de Variação	GL	PH	EH	Salinidade
Área (A)	1	13,5162 **	475260,12 *	9514,64 **
Espécie (E)	3	1,0187 ns	115347,77 ns	803,39 ns
Interação A x E	1	0,0952 Ns	119603,34 ns	10,3826 ns
Resíduo(A)	35	1,1247	101768,12	300,376 ns
Profundidade (P)	11	3,5952 **	173610,92 **	4926,6 **
Interação A x P	11	0,0594 ns	6242,69 ns	21,88 ns
Interação E x P	33	0,1042 ns	10355,26 ns	32,33 ns
Interação A x E x P	11	0,0553 ns	6662,56 ns	12,41 ns
Resíduo(B)	382	0,1268	11938,84	23,28
Total	488			
Média Geral		6,3693	-7,1687	38,93
CV (%)		5,59	-1524,19	12,39

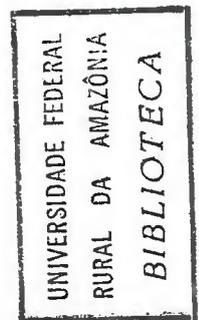
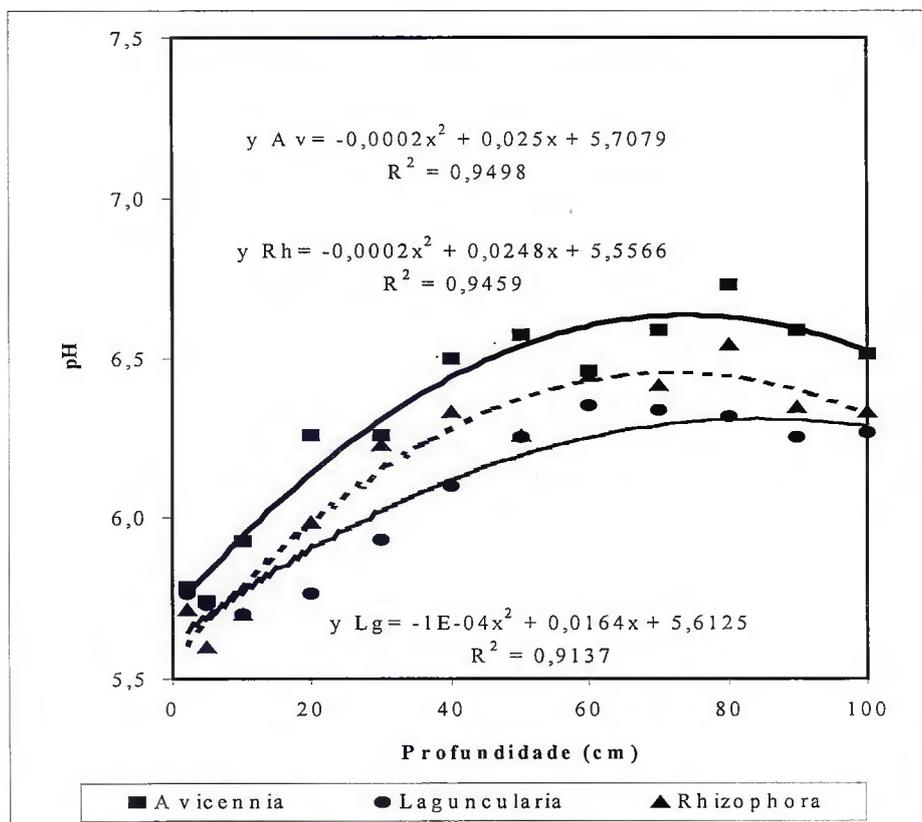


Figura 9: Valores de pH de solos da área I correspondentes as três espécies estudadas.

Na área II, em superfície, o pH não apresentou diferença para os solos das espécies *Rhizophora mangle* e *Avicennia germinans* (5,8), apresentou-se, porém, menos ácido em todo o perfil de *Acrostichum aureum*. (Figura 10).

HESSE (1961) relatou ocorrência de pH mais elevado em solos de *Rhizophora*, quando comparados com *Avicennia*.

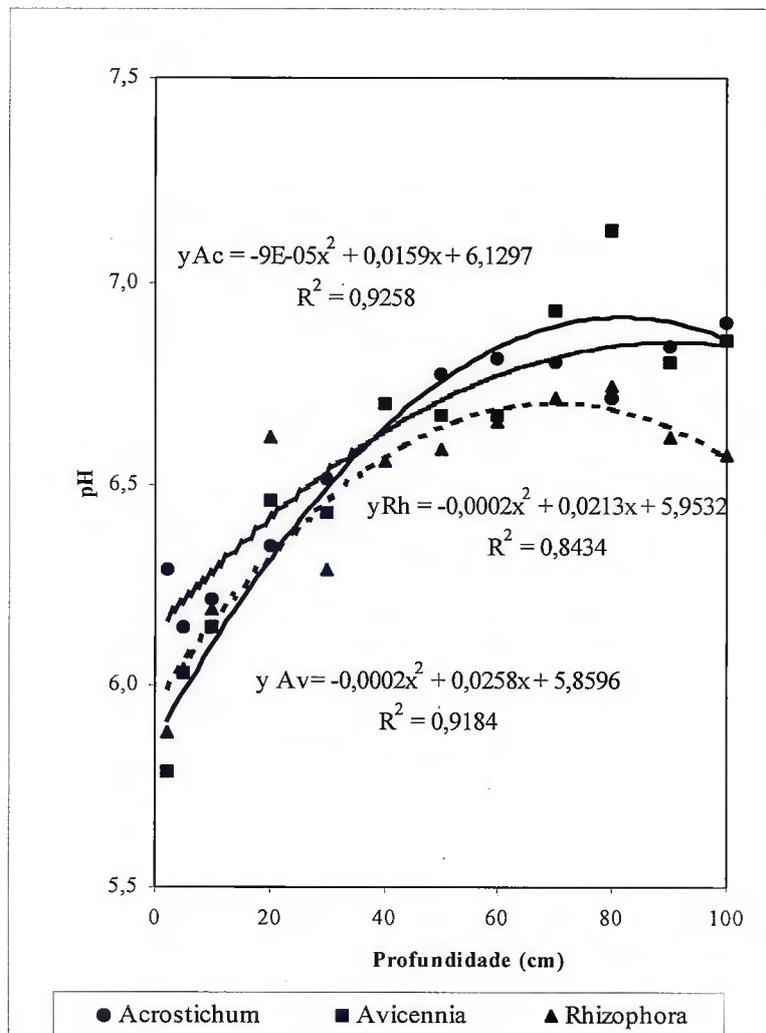


Figura 10: Gráfico de valores de pH de solos da área II correspondentes às três espécies vegetais estudadas

Comparando-se as áreas, observou-se que não existiu diferença entre os valores de pH dos solos de *Rhizophora mangle* e de *Avicennia germinans*, verificando-se que a acidez diminuiu na área I a partir de 5 cm e na área II, a partir de 30 cm.

O teste de médias (Tabela 2) mostrou diferença significativa entre as áreas e que a área II possui média de valores menos ácidos que a área I.

Tabela 2: Valores de pH, eH (mV) e salinidade (‰) de solos de mangue das áreas I e II

Área	PH		eH		Salinidade	
I	6,53	a	24,98	a	43,48	a
II	6,19	b	-37,40	b	34,65	b

Obs: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O potencial de oxi-redução (eH) foi de modo geral, oxidante na área I e redutor na área II (Tabela 2).

Na área I, os perfis de *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* apresentaram-se oxidantes até 40 cm, enquanto o de *Avicennia germinans* apresentou-se redutor com faixa oxidante entre 20 e 40 cm (Figura 11).

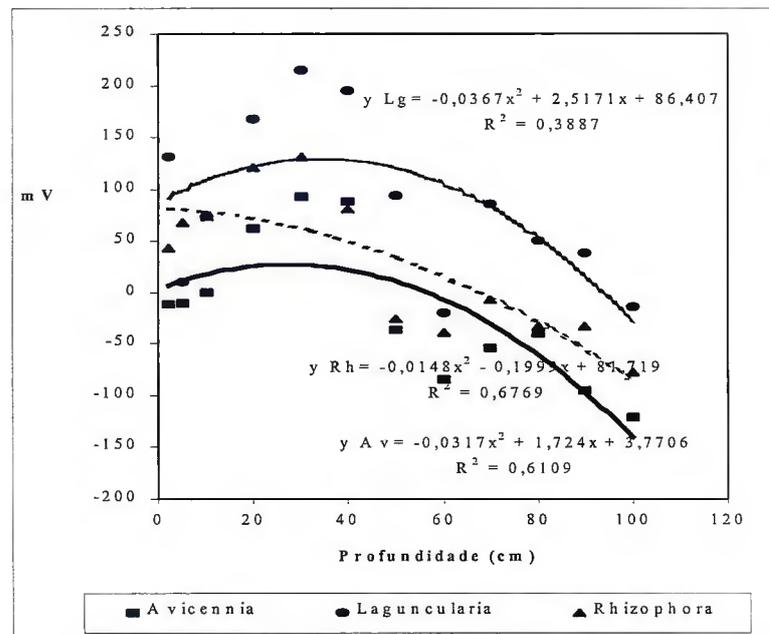


Figura 11: Gráfico de valores de eH de solos da área I correspondentes as três espécies vegetais estudadas

Na área II, o perfil do *Acrostichum aureum* foi redutor com faixa oxidante entre 20 e 40 cm. O perfil de *Avicennia germinans* apresentou-se oxidante de 2 a 40 cm e redutor até 1 m, enquanto o de *Rhizophora mangle* foi redutor com uma estreita faixa oxidante entre 30 e 40 cm (Figura 5). Dados

concordantes com estudos recentes de LACERDA et al. 1993 que verificaram baixos potenciais redox em solos relacionados com *Rhizophora* quando comparados com os solos de *Avicennia*.

As amostras de solo analisadas apresentaram altos valores de salinidade. De maneira geral, a área I apresentou salinidade mais elevada do que a área II para os solos relacionados a todas as espécies (Figuras 6 e 7).

A diferença que foi observada entre os solos das espécies *Avicennia germinans* e *Rhizophora mangle* nas duas áreas não foi estatisticamente significativa (Tabela 2). Em todos os perfis das duas áreas a salinidade aumentou em profundidade em grandes proporções, de 2 a 3 vezes o valor de superfície, sendo o perfil menos salino o de *Acrostichum aureum* corroborando a afirmação de WALTER (1973) de que aparentemente o gênero *Acrostichum* cresce somente em manguezais que sofrem relativamente alta precipitação e freqüente dessalinização das camadas superficiais do solo, sendo a disponibilidade de água fresca um fator crítico para o estabelecimento dessa espécie.

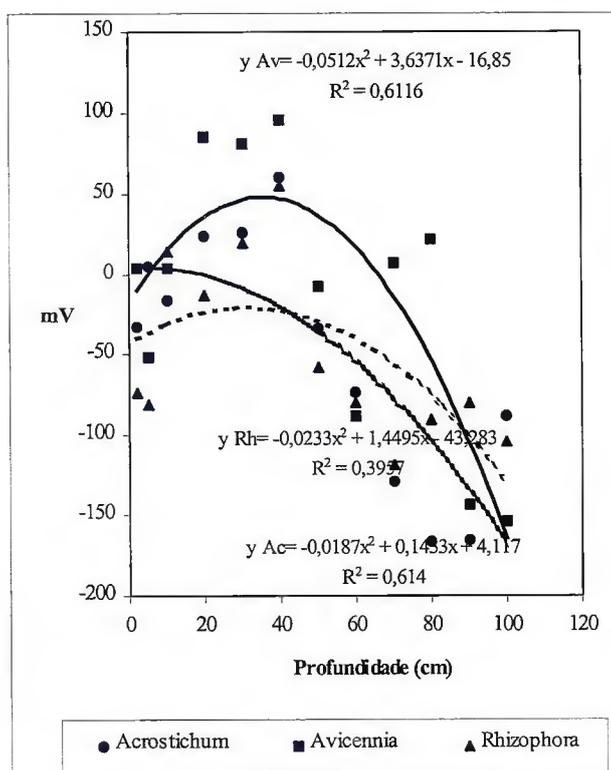


Figura 12: Valores de eH (mV) de solos da área II correspondentes as três espécies estudadas

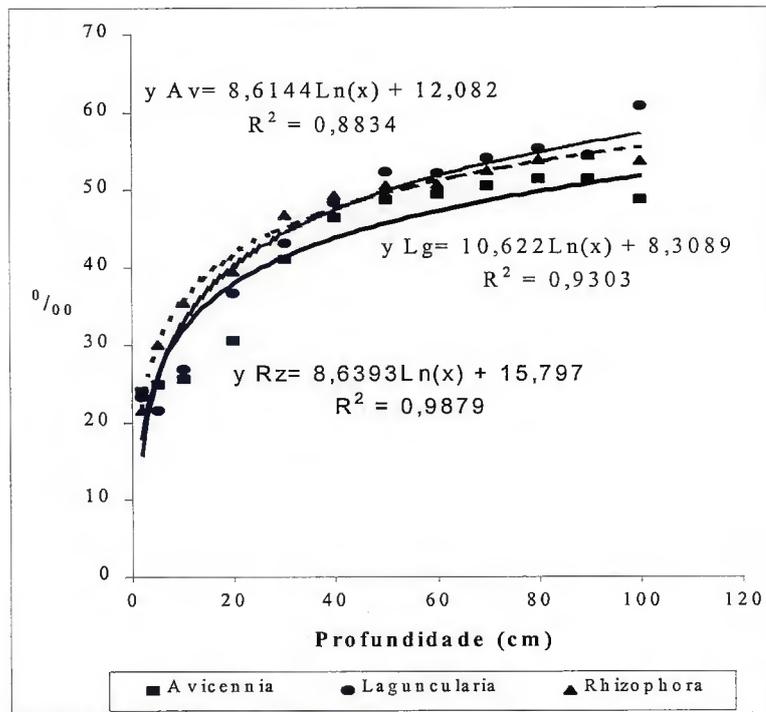


Figura 13: Valores de salinidade de solos da área I correspondentes as três espécies estudadas na região de São Caetano de Odivelas no período chuvoso de 1998.

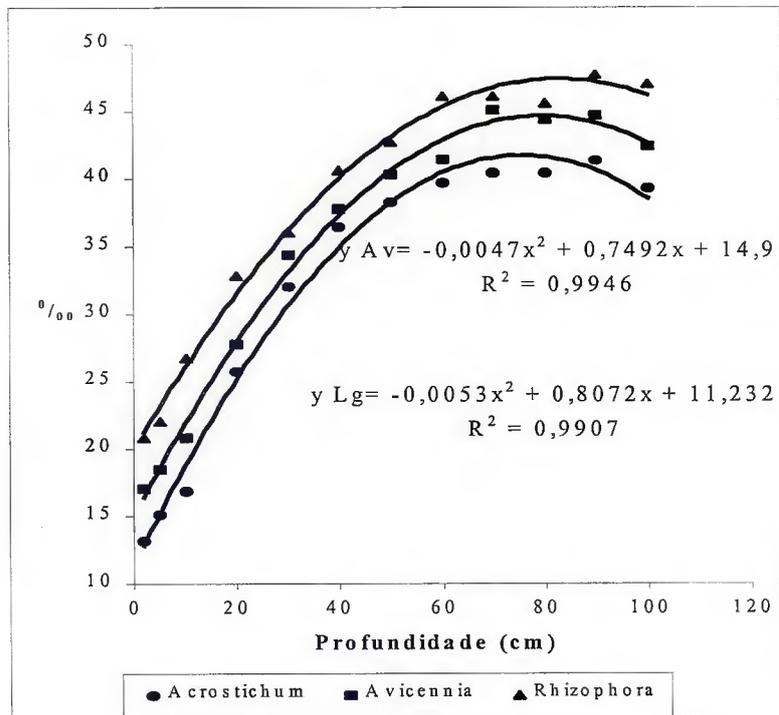


Figura 14: Valores de salinidade de solos da área II correspondentes as três espécies estudadas na região de São Caetano de Odivelas no período chuvoso de 1998

4.2. DECOMPOSIÇÃO DE FOLHAS

De acordo com os dados obtidos a maior diminuição de peso é da *Avicennia germinans*, seguida pela *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* na área I, enquanto na área II a ordem foi a mesma com o *Acrostichum aureum* assumindo a posição intermediária (Figuras 15 e 16).

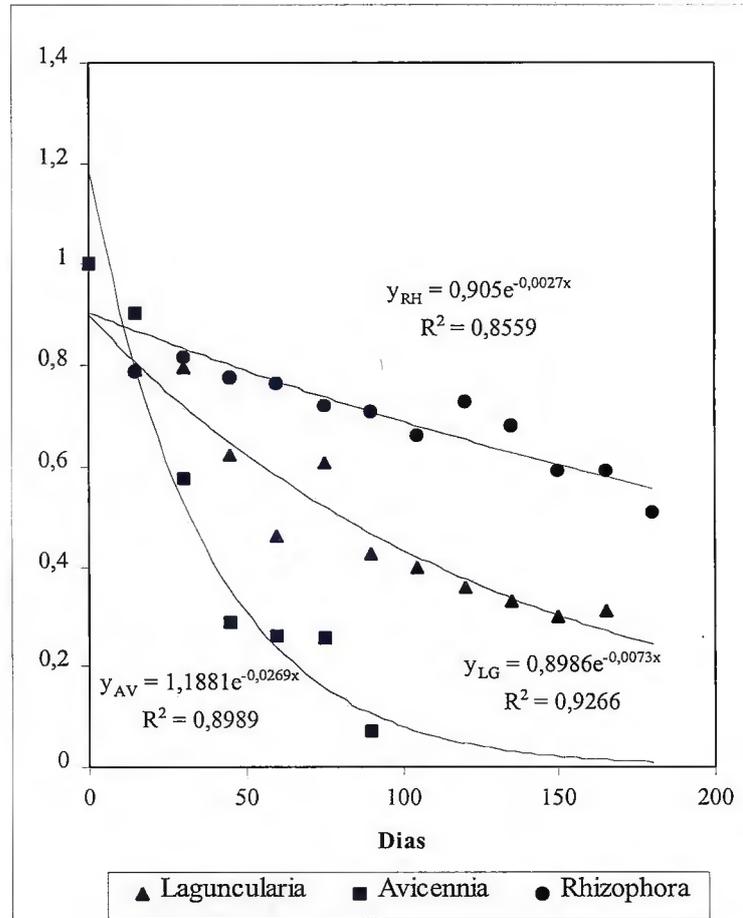


FIGURA 15 . Valores de perda de peso de folhas de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa* da região de São Caetano de Odivelas durante a estação chuvosa de 1998. (área II)

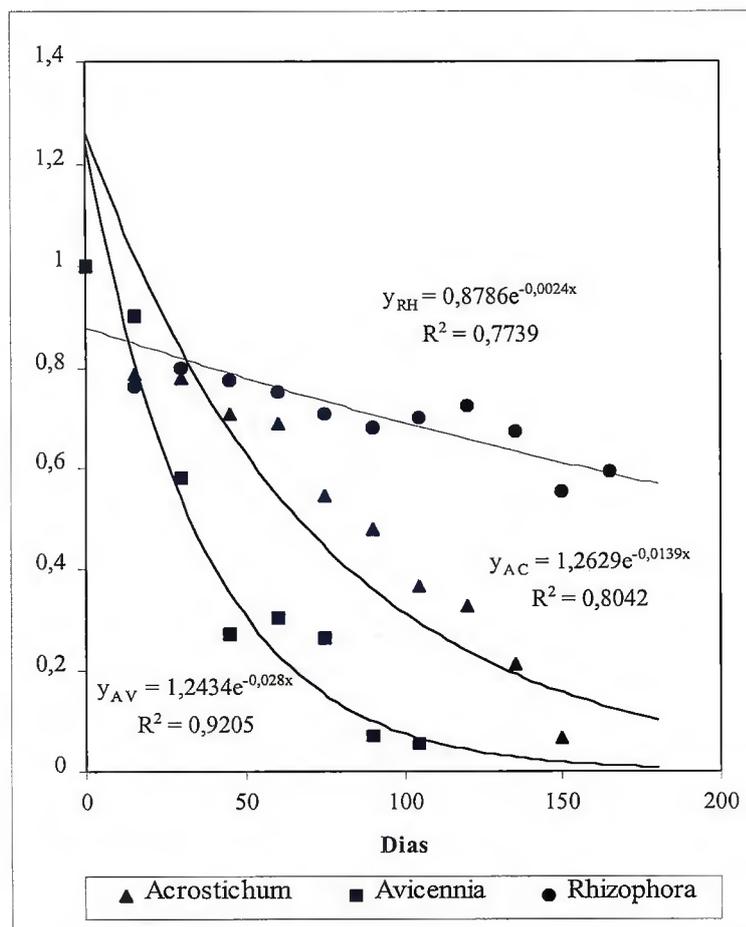


FIGURA 16: Valores de perda de peso de folhas de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Acrostichum aureum* da região de São Caetano de Odivelas durante a estação chuvosa de 1998. (área II)

Estes resultados estão concordantes com os estudos realizados por PONTE et al. (1984), ADAIME (1985), PANITZ (1986), SESSEGOLO & LANA (1991) e MOURA et al. (1998). O comportamento diferenciado das espécies deve-se a diferença nas características físicas e químicas de cada material vegetal, entre elas as propriedades físicas das folhas, tais como textura, e as químicas, como quantidade inicial de nutrientes e teores de materiais estruturais, como lignina.

O processo de decomposição geralmente ocorre exponencialmente com maior decomposição no início do processo e diminuindo ao longo do tempo. Observando-se as curvas de perda de peso (Figuras 15 e 16) era de se esperar que no início do processo houvesse uma rápida perda de peso, já que em ambientes aquáticos o processo de decomposição se dá em duas fases, na primeira os processos de

lixiviação são favorecidos pelo fluxo de água, persistindo posteriormente os mais resistentes (ODUM, 1988). Neste estudo não foi verificado este aspecto devido talvez ao fato da área ser inundada apenas pelas maiores marés mascarando este efeito da água.

As características físicas das folhas desempenham um importante papel como substrato para a ação dos decompositores. As folhas de *Rhizophora mangle* são coriáceas, possuem paredes cuticularizadas, cutícula cerosa e epiderme espessa (TOMLINSON, 1986), o que não ocorre com a *Avicennia germinans*. Segundo GODOY et al. (1997) as folhas de *Rhizophora mangle* apresentam os maiores teores de lignina seguida da *Laguncularia racemosa* e *Avicennia*.

O processo de decomposição é também função da concentração de nutrientes, ou seja, da disponibilidade de nutrientes para os organismos decompositores (WITKAMP, 1971; ADAIME, 1985; PANITZ, 1986; TWILLEY, 1982).

Neste estudo verificou-se concentrações iniciais mais elevadas de proteína e nitrogênio em *Avicennia germinans*, assim como a maior razão C/N, porém, os demais nutrientes foram mais elevados na *Rhizophora mangle*.

GODOY et al. (1997) observaram ausência de Tanino em folhas senescentes de *Avicennia germinans*, valores em torno de 7% para *Rhizophora mangle* e 14,5% para *Laguncularia racemosa* evidenciando uma maior susceptibilidade das folhas da *Avicennia* para a colonização, já que o tanino atua tornando o substrato não disponível para as bactérias através da precipitação de exoenzimas (GONZALES-FARIAS & MEE, 1998)

Com base no discutido acima, pode-se inferir que a diferença encontrada entre as espécies deveu-se a associação de diversos fatores. A *Avicennia germinans* pode ser considerada a espécie mais palatável e colonizável por microorganismos decompositores, devido a ausência de tanino em suas folhas, menores teores de lignina e as maiores concentrações de Nitrogênio. Por outro lado as folhas de *Rhizophora mangle* seriam as mais resistentes, enquanto a *Laguncularia racemosa* e *Acrostichum aureum* estariam em posição intermediária.

Observando-se a Tabela 3, verifica-se que a *Avicennia germinans* apresentou a menor meia vida (t_{50}), tempo requerido para a perda de metade do peso inicial, seguida pela *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle*. Os valores de K encontrados neste trabalho são semelhantes aos determinados por MOURA et al. (1998) na região de Bertioga (SP), porém mais elevados do que os obtidos para outros manguezais das regiões sul e sudeste do Brasil. Na área II a menor meia vida também foi a da *Avicennia germinans* seguida pela *Acrostichum aureum* e *Rhizophora mangle*. Quanto aos valores de K, o maior valor foi da *Avicennia germinans*, seguida por *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* (Tabela 3).

Tabela 3: Constante de decaimento (K) e meia vida (t_{50}) para folhas de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* e *Acrostichum aureum* nas duas áreas estudadas na estação chuvosa de 1998.

Área	Espécies	K	R ²	t ₅₀
I	<i>Rhizophora mangle</i>	0,0027	0,8559	180
	<i>Avicennia germinans</i>	0,0269	0,8989	34
	<i>Laguncularia racemosa</i>	0,0073	0,9266	83
II	<i>Rhizophora mangle</i>	0,0024	0,7739	180
	<i>Avicennia germinans</i>	0,0280	0,9205	38
	<i>Acrostichum aureum</i>	0,0139	0,8042	87

As concentrações iniciais de nitrogênio e a razão C/N são importantes fatores de controle da taxa de decomposição.

O conteúdo de proteína é uma dos principais elementos na determinação do valor nutritivo da comida (BOYD, 1971). Neste aspecto a vegetação de mangue é considerada como possuindo um bom valor nutritivo, sendo as folhas de *Rhizophora mangle* as que possuem o maior valor.

Durante o processo de decomposição o valor nutritivo do material foliar aumenta devido aos altos conteúdos de nitrogênio e proteína e a razão C/N até o final do processo.

As maiores concentrações iniciais de Nitrogênio foram encontradas na *Avicennia germinans* seguida pela *Rhizophora mangle* e depois pela *Laguncularia racemosa* (Figuras 17 e 18). Notando-se um aumento gradativo na concentração absoluta deste nutriente ao longo do processo, sendo a *Laguncularia racemosa* a espécie que apresentou maior aumento absoluto até o final do processo, apesar de ser a espécie que apresentou o menor teor inicial desse elemento. NASCIMENTO (1997), BRINSON, (1977) relatam que a porcentagem de Nitrogênio encontrada aumenta no decorrer das várias etapas de decomposição das folhas típicas de árvores de mangue, assim como o teor de proteínas. Na área II, porém, não se verificou o mesmo padrão sendo o maior teor inicial referente a *Rhizophora mangle* e o da *Avicennia germinans* igual ao da *Acrostichum aureum*.

As folhas de *Rhizophora mangle* apresentaram a menor perda de N durante o período do experimento em ambas as áreas. Atribui-se este fato ao maior teor de lignina de suas folhas. MELILLO et al., 1982 relatam a relação direta entre o conteúdo inicial de lignina e a quantidade de N imobilizado por unidade de C respirado e atribuem este fato à formação de complexos como o húmus.

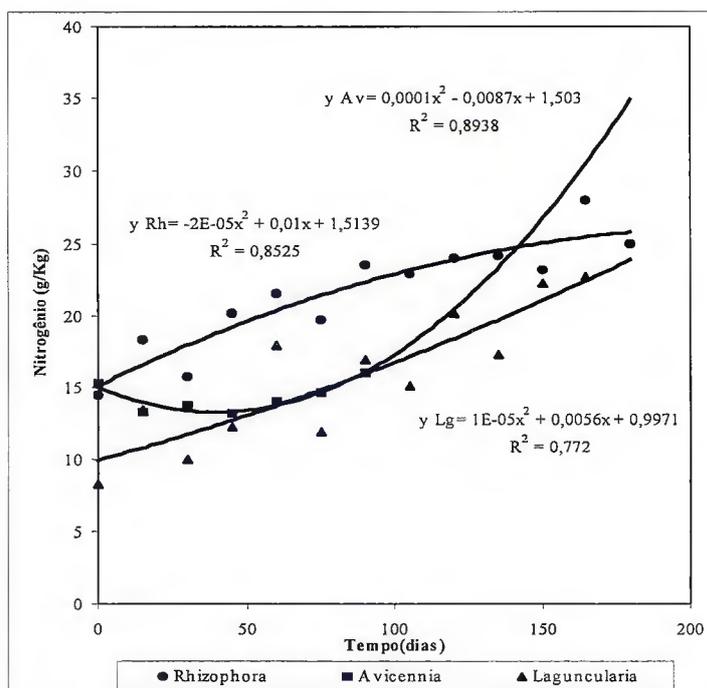


Figura 17: Valores de Nitrogênio (g/Kg) em folhas de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Laguncularia racemosa* (área I) na estação chuvosa de 1998.

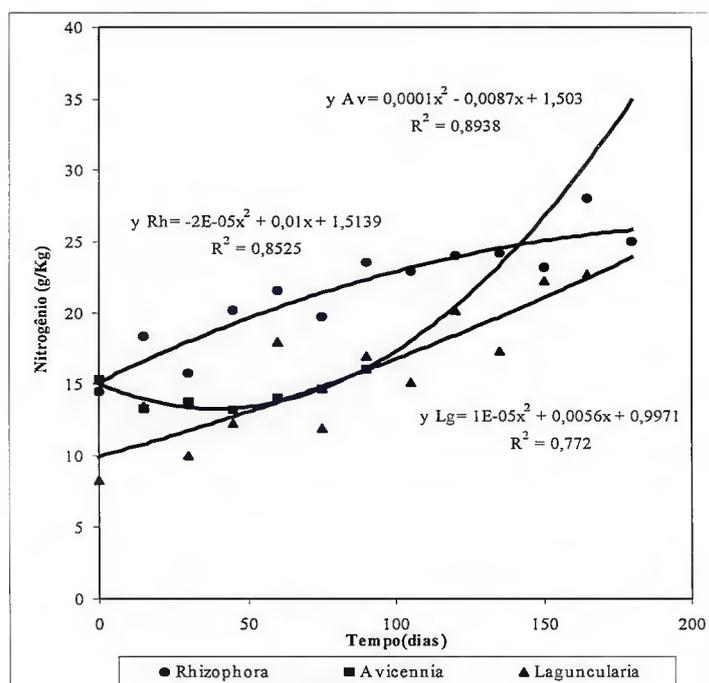


FIGURA 18: Valores de Nitrogênio (g/Kg) em folhas de *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans* e *Acrostichum Aureum*. (área II) na estação chuvosa de 1998.

PANITZ et al. (1986) levantaram a hipótese de que a *Rhizophora mangle* contribui mais para a formação de húmus no manguezal devido ao seu alto teor de polifenóis e de sua baixa taxa de decomposição.

A Tabela 4 apresenta a análise de variância verifica-se que apenas duas variáveis, nitrogênio e proteína, apresentaram-se significativas para a interação área/espécie/tempo. A razão C/N foi não significativa para todas as fontes de variação.

TABELA 4: Quadro de análise de Variância para variáveis de folhas em decomposição, região de São Caetano de Odivelas, estação chuvosa de 1998.

Fonte de Variação	Perda de peso	MO (g/Kg)	Nitrogênio (g/Kg)	Proteína (%)	C/N	Fósforo (mg/dm ³)
Área (A)	**	**	**	**	ns	ns
Espécie (E)	**	**	**	**	ns	**
Tempo (T)	**	**	**	**	ns	**
Interação A x E	ns	ns	**	**	ns	ns
Interação A x T	ns	ns	**	**	ns	ns
Interação E x T	**	**	ns	Ns	ns	**
Interação A x E x T	ns	ns	**	**	ns	ns
Qme	84,39	151,57	0,103	4,032	1716,75	2030400
Gle	80	80	80	80	80	80

O teste de Tukey (Tabela 5) mostra que há diferença significativa entre as médias das espécies estudadas. Obtendo-se a seguinte ordem decrescente para as concentrações de nitrogênio: *Rhizophora mangle* > *Laguncularia racemosa* > *Avicennia germinans* na área I e *Rhizophora mangle* > *Avicennia germinans* . > *Acrostichum aureum* na área II, evidenciando menores perdas de Nitrogênio na *Rhizophora mangle* nas duas áreas estudadas.

OLSEN (1933) mostrou que a fixação de N pelos microrganismos não ocorre em pH abaixo de 5. O que não se verificou no presente estudo, pois a média de pH, apresentada no tópico anterior foi maior do que 5 para os solos de todas as espécies estudadas.

Tabela 5: Médias de Valores de Perda de peso, Carbono Orgânico, Proteína, Nitrogênio, relação C/N e Fósforo, (área I e II) e teste de comparação de médias Tukey.

Espécies Área I	Perda de Peso	CO g/Kg	Proteína %	N g/Kg	C/N	Fósforo mg/dm ³
Avicennia	52,13	a 27,14	b 6,77	c 1,13	c 26,41	a 1790,40
Laguncularia	46,63	a 24,75	b 9,81	b 1,61	b 17,78	b 1381,65
Rhizophora	28,1	b 38,02	a 13,45	a 2,15	a 19,61	b 1111,45

Espécies Área II	Perda de Peso	CO g/Kg	Proteína %	N g/Kg	C/N	Fósforo mg/dm ³
Acrostichum	45,83	b 30,67	b 10,73	c 1,71	c 20,36	a
Avicennia	56,89	a 25,24	c 11,85	b 1,9	b 17,13	b 2097,55
Rhizophora	27,27	c 39,09	a 12,95	a 2,07	a 20,18	a 1126,18

Obs: Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A forma precisa na qual o N adicional é incorporado às folhas não é bem conhecido, mas é mais provável que seja pela atividade dos microorganismos.

A baixa disponibilidade de muitos nutrientes nos solos ácidos promove uma rápida e eficiente utilização das fontes de N disponível dos fungos. Muitas hifas de fungos contêm 3 - 5% de peso de N (HARLEY 1972), então os acréscimos absolutos de N observados nesse estudo podem ser atribuídos, também, a imobilização pelos fungos e/ou pela translocação das fontes exógenas de N pelos fungos nas folhas.

WAKSMAN & TENNY (1928) e GERRETSEN (1931) mostraram experimentalmente que para toda unidade de Carbono oxidado pelos microorganismos como fonte de energia uma certa quantidade de Nitrogênio é assimilada na forma de proteína, derivados de proteínas ou sais orgânicos. É de se esperar, portanto, que a adição de Nitrogênio por fontes exógenas à liteira decomposta poderia acelerar o processo de decomposição, porém isto não foi evidenciado no campo.

Parece haver uma correlação entre a taxa de decomposição das espécies estudadas e o conteúdo inicial de Nitrogênio, mas se esta relação é causal não é conhecido (ANDERSON (1973b).

É pouco provável que a diferença do conteúdo de Nitrogênio sejam a única razão que determine a palatabilidade aos animais do solo e a decomposição.

Baixos valores de C/N são freqüentemente associados com folhas suculentas as quais são rapidamente comidas pelos animais do solo, ao passo que folhas que contêm grandes proporções de

materiais resistentes, como por exemplo celulose e lignina e são geralmente não palatáveis a fauna de solo, geralmente tem altos valores da razão C/N.

Os valores iniciais de C/N da área I foram em ordem decrescente *Rhizophora mangle* (38,11) > *Laguncularia racemosa* (37,8) > *Avicennia germinans* (34,64). Para a área II a ordem foi a seguinte: *Avicennia germinans* . (45,85) > *Acrostichum aureum* (43,55) > *Rhizophora mangle* (38,70). Porém, ao se examinar a Tabela 5 nota-se que as médias da relação C/N foram iguais para *Rhizophora mangle* e *Acrostichum aureum* e menores para *Avicennia germinans* no decorrer do processo para a área II. Na área I as médias de *Rhizophora mangle* não possuíram diferenças significativas em relação a *Laguncularia racemosa* e foram menores que os valores de *Avicennia germinans* .

Verificou-se um decréscimo na razão C/N (Figuras 19 e 20) e acréscimo do Nitrogênio (Figuras 17 e 18) ao longo do experimento para todas as espécies estudadas em ambas as áreas. Este fenômeno pode ser atribuído ao acréscimo absoluto no conteúdo de Nitrogênio da liteira pela adição de Nitrogênio de fontes exógenas e/ou pela retenção do N enquanto os materiais não nitrogenados são perdidos da liteira de folhas em decomposição.

As maiores fontes de N adicional são a fixação do N atmosférico (OLSEN 1933) e precipitação atmosférica, poeira, materiais de plantas verdes do dossel (BOCOCK 1963).

Os maiores teores iniciais de Carbono da área I foram da *Rhizophora mangle* (550,26 g/kg) seguida pela *Avicennia germinans* (530,11g/Kg) e *Laguncularia racemosa* (310,37 g/kg)

Na área II a ordem crescente foi *Avicennia germinans* (530,49 g/kg) , *Acrostichum aureum* (510,09 g/Kg) e *Rhizophora mangle* (500,32 g/Kg).

A concentração de Matéria orgânica das espécies estudadas foi muito alto (530 g/Kg a 950 g/Kg) sugerindo a importância desta vegetação como fonte de energia para o sistema.

Os teores de Carbono sofreram diminuição ao longo do experimento acompanhando a porcentagem de perda de peso. A espécie que apresentou a maior diminuição foi a *Avicennia germinans* em ambas as áreas (Figuras 21 e 22).

O teste de comparação de médias (Tukey), Tabela 5 mostrou que na área I a porcentagens de carbono foram : *Avicennia germinans* = *Laguncularia racemosa* < *Rhizophora mangle* e na área II, *Avicennia germinans* < *Acrostichum aureum* < *Rhizophora mangle*.

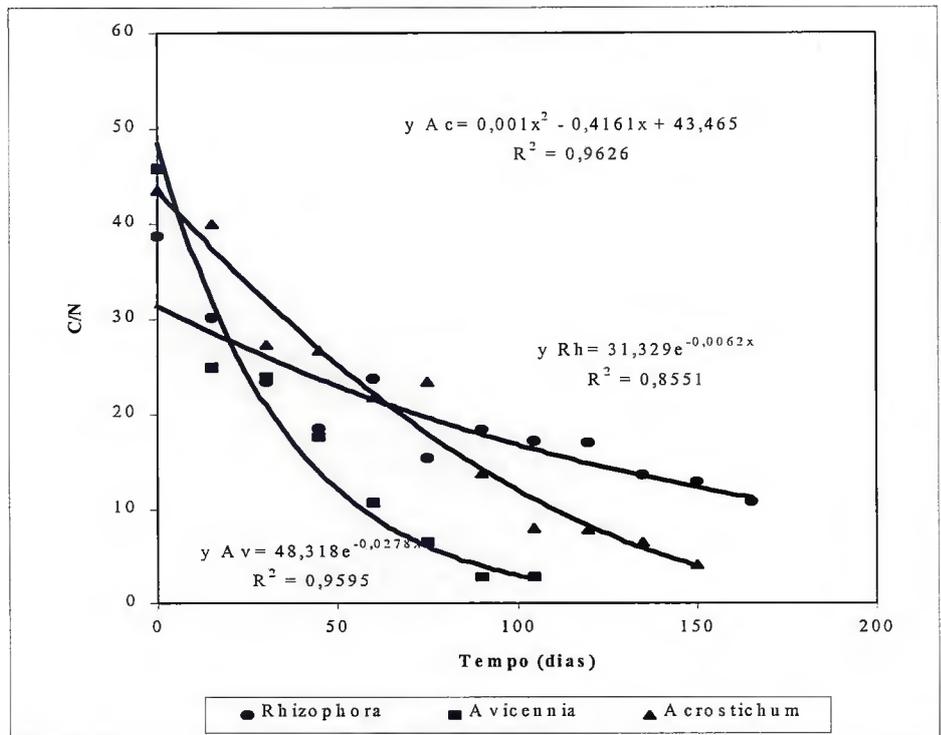
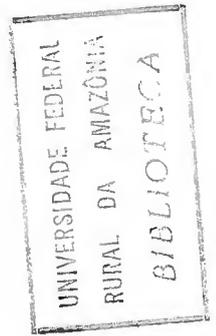


Figura 19: Valores da Razão Carbono-Nitrogênio ao longo do processo de decomposição de folhas de mangue na área I durante a estação chuvosa de 1998.

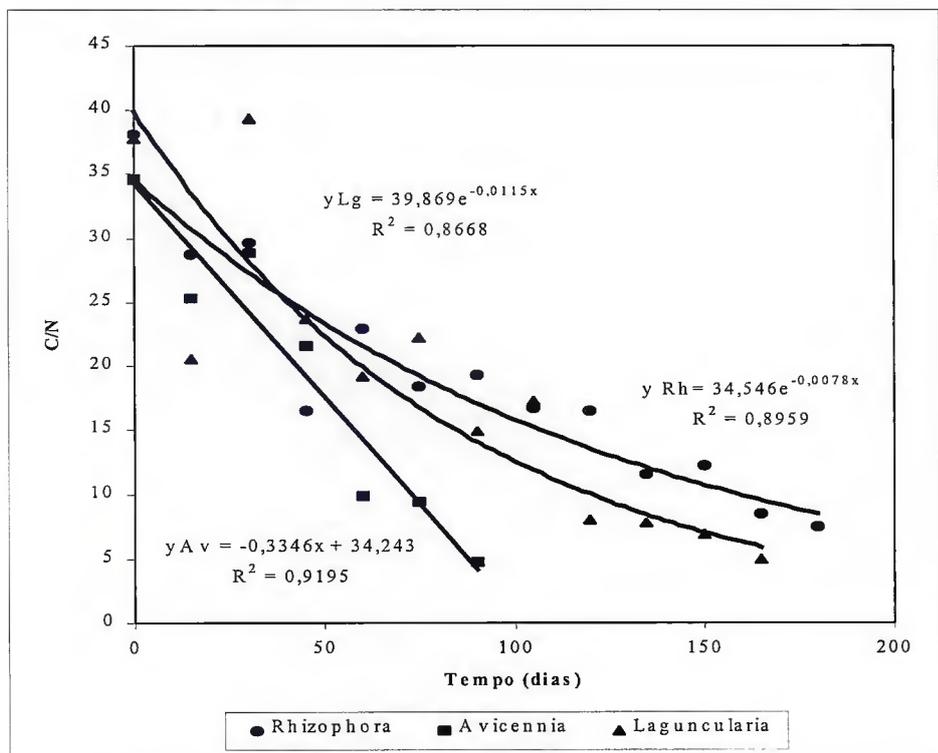


Figura 20: Valores da Razão Carbono-Nitrogênio ao longo do processo de decomposição de folhas de mangue na estação chuvosa de 1998 (área II).

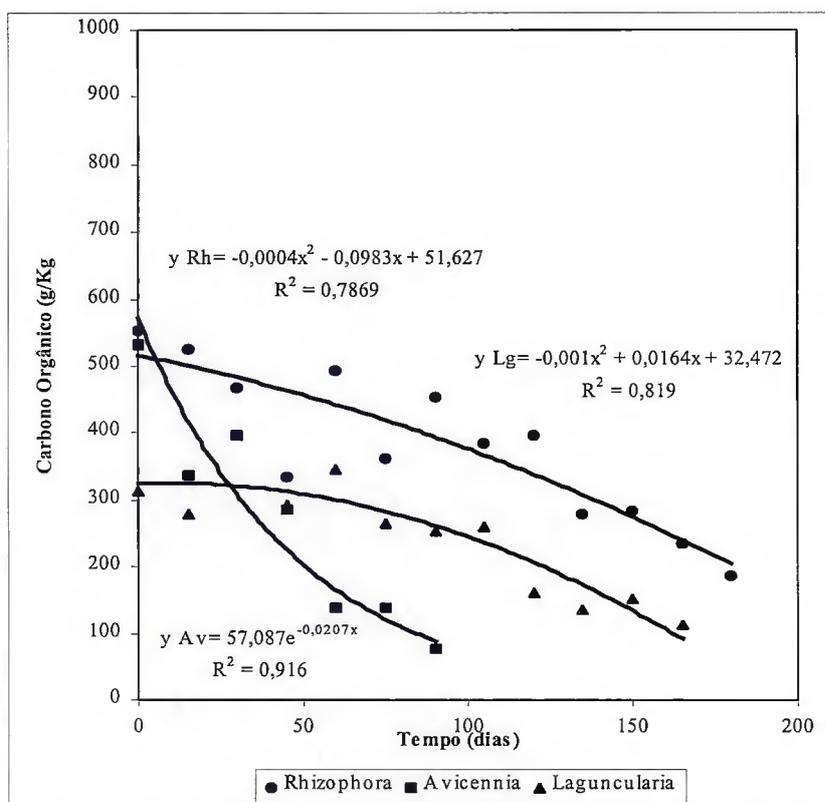


Figura 21: Valores de Carbono Orgânico ao longo do processo de decomposição de folhas de mangue na estação chuvosa (área I).

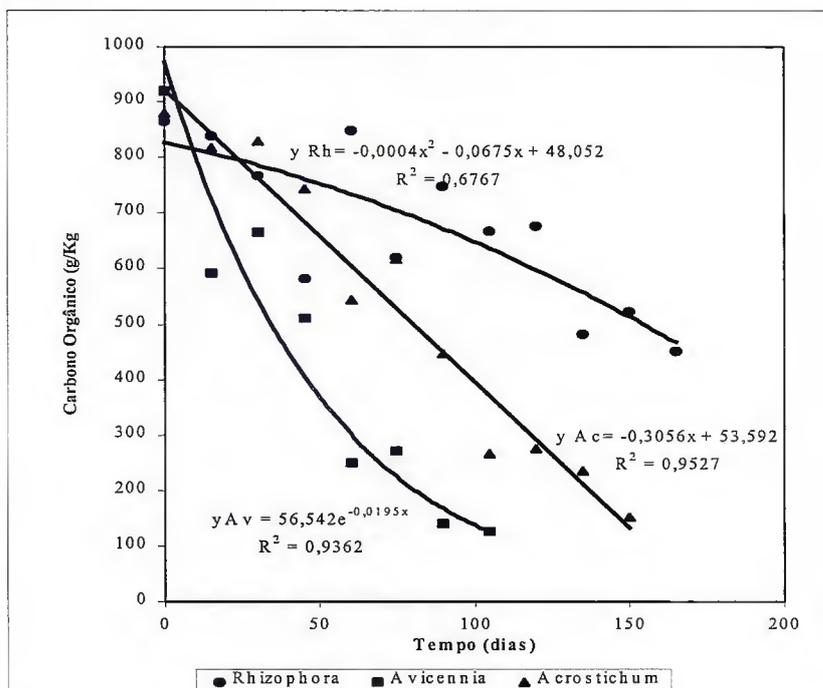


Figura 22: Valores de Carbono Orgânico ao longo do processo de decomposição de folhas de mangue na estação chuvosa de 1998 (área II).

Os teores iniciais de Fósforo foram mais elevados na *Rhizophora mangle* e menores na *Avicennia germinans* em ambas as áreas estudadas. Nos primeiros dias da decomposição houve uma ligeira diminuição do conteúdo de P seguida por um aumento até o final do experimento, excetuando-se a *Avicennia germinans* que apresentou uma diminuição inicial, mas seguida de um aumento de três vezes o valor inicial na área I e de cinco vezes na área II. Comportamento oposto ao esperado já que o Fósforo é um elemento mais facilmente lixiviável do que o Nitrogênio. Pode-se atribuir este fato à colonização por microorganismos, que a exemplo do que ocorreu com o N, também teria elevado o teor de Fósforo (Figura 23 e 24).

STEINKE et al. apud Moura et al. (1998) , observaram perdas de Fósforo inicialmente rápidas, ocorrendo uma estabilização em suas concentrações em níveis relativamente altos. PANITZ (1986) verificou uma perda inicial de Fósforo absoluto, atribuindo-a às grandes solubilização e mobilidade deste elemento. Entretanto, assim como nesse estudo, a perda foi seguida de um aumento atribuído à imobilização microbiana, maior colonização de organismos como algas e bactérias ou então por precipitação e sedimentação de material alóctone sobre os sacos de decomposição.

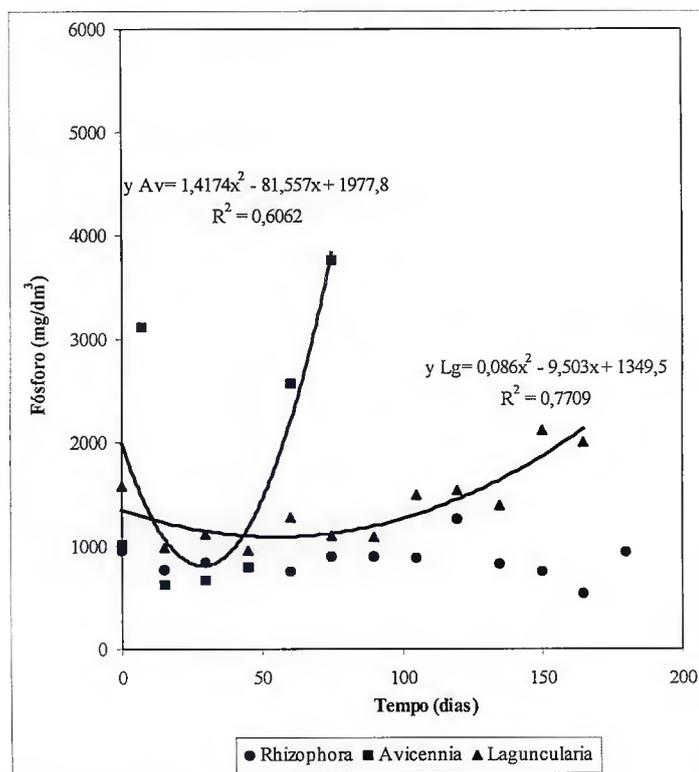


Figura 23: Valores de Fósforo ao longo do processo de decomposição de folhas de mangue na estação chuvosa (área I).

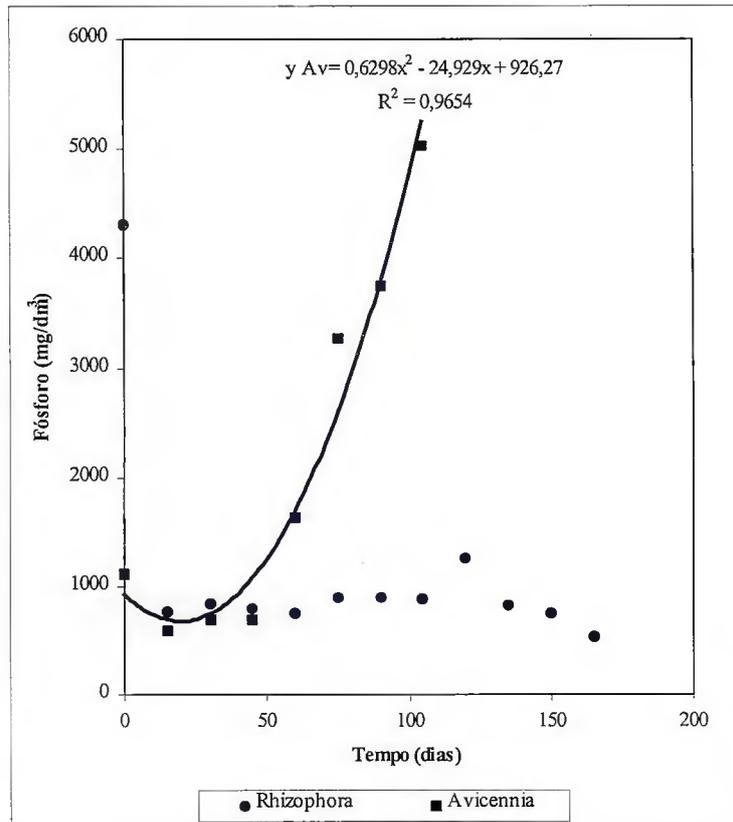


Figura 24: Valores de Fósforo ao longo do processo de decomposição de folhas de mangue na estação chuvosa (área I).

Alta taxa de absorção de íons é considerada uma das mais importantes adaptações das plantas halófitas. Em experimentos com *Avicennia marina*, o tecido da planta absorveu seletivamente potássio de meios com vários níveis de altas concentrações de sódio e potássio, não se constatando inibição da razão de absorção, havendo pelo contrário uma estimulação de 30% na razão. (KOZLOWSKI (1984).

A ordem geral de abundância das concentrações dos íons estudados variou de espécie para espécie. Para a *Rhizophora mangle* foi $Na > Ca > K > Mg$, e para *Avicennia germinans* $Na > K > Ca > Mg$, independentes das áreas. *Laguncularia racemosa* obteve a seguinte ordem : $Na > K > Mg = Ca$ e *Acrostichum aureum*, $Ca > Mg$.

Com relação ao sódio, o teste de comparação de médias não mostrou diferenças significativas entre as espécies de ambas as áreas, sem evidenciar o mecanismo de excreção de sal presente na *Avicennia germinans* (KOZLOWSKI (1984). Já em relação ao potássio as espécies da área II apresentaram

diferenças sendo o *Acrostichum aureum* a espécie que mostrou as maiores concentrações e a *Rhizophora mangle* as mais baixas. Na área I, as espécies também mostraram diferenças, a *Laguncularia racemosa* foi a com concentrações mais elevadas, seguida pela *Avicennia germinans* e *Rhizophora mangle*.

Os teores de ferro mostraram diferença significativa nas duas áreas estudadas. Na área I as folhas de *Laguncularia racemosa* e *Avicennia germinans* não apresentaram diferença e foram menores que os teores de *Avicennia germinans*. Na área II, a *Acrostichum aureum* foi igual a *Avicennia germinans* e ambas maiores que *Rhizophora mangle*.

Quanto ao cálcio as diferenças foram significativas na área II entre *Rhizophora mangle* e *Acrostichum aureum* que, por sua vez foi igual a *Avicennia germinans*.

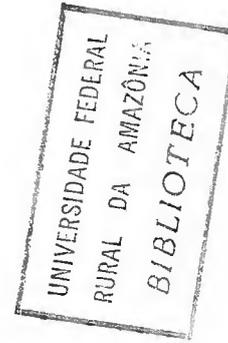
O comportamento dos íons durante o processo de decomposição foi diferenciado. Os teores de sódio e potássio sofreram diminuição ao longo do tempo de duração do experimento para todas as espécies nas duas áreas estudadas, enquanto cálcio, magnésio e ferro apresentaram aumento na concentração. Esse aumento pode ser devido ao material alóctone transportado e depositado no sacos de decomposição.

Tabela 6 : Médias de resultados de Proteína Total (%) de amostras de folhas de espécies de mangue durante o processo de decomposição

AREA	ESPÉCIE	TEMPO (dias)							
		0	15	30	45	60	75	90	105
II	<i>Avicennia</i>	7,29 aA	8,65 aA	10,17 aA	10,58 aA	8,46 bA	14,98 aA	18,40 aA	16,31 aA
	<i>Rhizophora</i>	8,13 aA	10,11 aA	11,92 aA	11,4 aA	12,98 aA	14,58 aA	14,83 bA	14,13 aA
I	<i>Avicennia</i>	9,59 aA	5,42 aB	4,29 bB	6,85 bB	8,13 bA	6,67 bB	6,46 bB	
	<i>Rhizophora</i>	8,54 aA	11,44 aA	9,86 aA	12,58 aA	13,44 aA	12,29 aA	14,71 aA	14,29 aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula não apresentam diferença significativa entre espécies dentro de uma mesma área ao nível de 5% de probabilidade

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não apresentam diferença significativa entre as áreas de uma mesma espécie ao nível de 5% de probabilidade



Conforme obtido na análise de variância (Tabela 6) a variável que apresentou diferenças significativas para a interação AxTxE foi a proteína. O teste de Tukey aplicado para proteína mostrou que não houve diferenças nos teores iniciais entre as espécies de uma mesma área e nem entre as duas áreas para uma mesma espécie. Na área II, só houve diferença significativa entre as espécies aos 60 e 90 dias, já na área I essa diferença foi significativa a partir de 30 dias até o final do processo. Entre as duas áreas, a *Rhizophora mangle* não comportou-se diferentemente, enquanto a *Avicennia germinans* apresentou diferenças a partir do início do experimento.

5. CONCLUSÕES

- As espécies apresentaram diferenças nas suas taxas de decomposição devendo-se, principalmente às características físico-químicas de suas folhas.
- A liberação de nutrientes foi variável conforme a espécie
- A diferença na composição florística entre as áreas não foi determinante para a velocidade do processo.
- A espécie que apresentou a maior taxa de decomposição foi a *Avicennia germinans*, não havendo diferença entre essas taxas nas duas áreas estudadas
- Proteína foi a variável que melhor avaliou as diferenças entre áreas, espécies e tempo de decomposição.

6. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se para o aprofundamento do conhecimento desse processo na região amazônica, a continuidade dessas pesquisas coletando dados referentes a estação seca e em locais com influência direta de marés e ondas, que certamente apresentarão dados diferenciados dos encontrados por esse estudo.

É necessário, também, o estudo da biologia da decomposição envolvendo os macro e micro organismos que participam do processo.

ABSTRACT: The global study of the nutrient cycling of mangrove ecosystem is very important for the knowledge of this productivity. The decomposition processes makes the nutrients available for the organisms. The decomposition rate is a important data to be considered in a nutrient cycling of any ecosystem. Depends of the decomposition velocity, the process will have formation of organic matter, essential for life and the ecosystem stability. This study objective determine the decomposition rate of leaves of different mangrove species, compare the velocity of decomposition and verify the nutrient concentration during the decomposition process at the rainy climate period on two site of different floristic composition. The two sites have the following floristic composition: site I: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia germinans* e site II: *Rhizophora mangle*, *Acostichum aureum* e *Avicennia germinans*. The sediments were lightly acids at the two sites, the site I was reduced and the site II was oxidant. The salinity was greater in site I than the site II. The specie *Avicennia germinans* presented the greater initial contents of nutrients and the decay coefficient (K) than the other species studied in the two sites. The specie with smaller decay coefficient was *Rhizophora mangle* in the two sites. Then, the difference of floristic composition wasn't an important factor for the decomposition velocity.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAIME, R. R.. Produção do Bosque de Mangue da Gamboa Nóbrega (Cananéia, 25° Lat. S. – Brasil). São Paulo: Inst. Oceanográfico-USP, 1985. 305p. Tese (Doutorado) – USP, 1985.
- ANDERSON, J.M. The breakdown and decomposition of Sweet Chesnut (*Castanea sativa* Mill.) and Beech (*Fagus sylvatica* L.) Leaf Litter in two deciduous woodland soils. I. Breakdown, Leaching and Decomposition. Oecologia (Berl.) v.12, p.251-274, 1973.
- ANDERSON, J.M. The breakdown and decomposition of Sweet Chesnut (*Castanea sativa* Mill.) and Beech (*Fagus sylvatica* L.) Leaf Litter in two deciduous woodland soils.II. Changes in the carbon, hydrogen, Nitrogen and polyphenol content. Oecologia (Berl.) v.12, p.275-288, 1973.
- ASHTON, E.C.; HOGARTH, P.J. & ORMOND, R.. Breakdown of mangrove leaf in a managed mangrove forest in Peninsular Malaysia. Toulouse.pré-print. 1998
- CIÊNCIA HOJE.. Manguezal: ecossistema egoísta ou benevolente? São Paulo: SBPC.v. 20 n.120 p. 6-11, 1996.
- CRONQUIST, A. The evolution and classification of flowering plants. 2. ed. New York: New York Botanical Garden, 1988.555p.
- FERREIRA, C.P. Manguezais do estado do Pará: fauna de galerias perfuradas por teredos em toras de *Rhizophora*. Campinas: Universidade de Campinas, 1989. 150p. Tese (Doutorado)-Unicamp, 1989.
- GODOY, S.A.P.; MAYWORM, M.A.S.; LO, V.K.; SALATINO, A.; SCHAEFFER-NOVELLI, Y.. Teores de ligninas, nitrogênio e taninos em folhas de espécies típicas de mangue. Revista brasileira de Botânica v.20 n.1, p.35-40, 1997.
- GOLLEY, MCGINNIS, CLEMENTS, CHILD, DUEVER. Ciclagem de Minerais. São Paulo: EDUSP. 1978.
- GOLLEY, F.; ODUM, H.T.; WILSON, R.F. The structure and metabolism of a Puerto Rican red mangrove forest in may. Ecology, v.43, n.1, p. 9-19, 1962.
- GOMES, F.P. Curso de Estatística Experimental. 7.ed. Piracicaba: USP– ESALQ. 1977. 430p.
- HESSE, P.R. Phosphorus fixation in mangrove swamp muds. Nature, v.193, v. 295-296, 1962.
- JOLY, A.B., Conheça a vegetação brasileira. São Paulo: EDUSP, Polígono, 1970.165p.
- JOLY, A .B. Botânica. Introdução à Taxonomia Vegetal. São Paulo: Companhia Editora Nacional. 1966. 634p
- KOZLOWSKI, T.T. Flooding and plant growth. Academic Press. 1984. 356 p.
- LACERDA, L.D.. Manguezais. Florestas de beira-mar. Ciência Hoje. SBPC. São Paulo v3 n.13, p.63-69, 1984.
- LACERDA, L.D.; CONDE, J.E.; ALARCON, C.; ALVAREZ-LEÓN, R.; BACON, P.R.; d'CROZ, L.; KJERJVE, B.; POLAINA, J.; VANNUCCI, M.. Mangrove Ecosystem of Latin America and the Caribbean : a summary. Mangrove Ecosystem Technical Reports, ISME, Okinawa. 1993. v.2, 272 p.
- LAWRENCE, G.H.M.. Taxonomy of Vascular Plants. New York: The Macmillan Company. 1951. 823p.
- LUGO, A.E. & SNEDAKER, S.C. - The ecology of mangroves. A. Rev. Ecol. Syst. v. 5, p.39-64, 1974.
- MACKEY, A.P. & SMAIL G.. The Decomposition of Mangrove litter in a subtropical mangrove forest. Hydrobiologia v.332 p. 93-98, 1996.
- MASTALLER, M. Resumo da literatura sobre conceitos do uso de áreas de mangue, com referência especial para a aqüicultura artesanal. IBAMA. 1987.
- MEDINA, E.; CUEVAS, E.; POPP, M.; LUGO, A.E. soil salinity, sun exposure, and growth of *Acrostichum aureum*, the mangrove fern. Bot.Gaz. 151 v1 p. 41-49, 1990
- MELILLO, J.M.; ABER, J.D.; MURATORE, J.F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. Ecology v.63 n.3, p. 621-6. 1982.

- MÖLLER, M.R.F.; LOUREIRO, M.R.C. Manual de métodos de laboratório para determinações mineralógicas da fração argila dos solos I – Pré-tratamentos. Belém: Faculdade de Ciências Agrárias do Pará.. 1994. 40p.
- MOORE, D.M. & HON,W.T.S. Eds. Flowering Plants of the world. Londres & Sidney: Croom Helm.1985. 356p.
- MOURA, D. O . de; LAMPARELLI, C.C.; RODRIGUES, F. de O. ; VINCENT, R. de C.. Decomposição de folhas de manguezais na região de Bertiooga, São Paulo, Brasil. Anais do IV Simpósio de ecossistemas brasileiros, Águas de Lindóia. São Paulo, 1998. v 1 p. 130-148.
- NASCIMENTO, S.A..Ecofisiologia de manguezal (material apostilado, não publicado). 1997.
- PANITZ, C.M.N. Produção e decomposição de serapilheira no mangue do rio Itacorubi, ilha de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (27° 35' S – 48° 31' W). São Carlos: Depto. de Ciências Biológicas, 1986 601p. Tese (Doutorado)-UFSCar, 1986.
- PANITZ, C.M.N.. Ecological description of the Itacorubi mangroves, ilha de Santa Catarina, Brazil. In: Mangrove Ecosystem studies in Latin America and Africa. ISME/UNESCO. Paris. p 204-223. 1997.
- PONTE, A.C.E.FONSECA, I.A.Z.; MARQUES, M.; FREITAS, M.L.; CLARO, S.M.C.A. 1984. Produção de serrapilheira e decomposição de material foliar em ecossistema de manguezal . Anais do Congresso SBSP 4. p.103-7.
- PROST, M.T.R.C. Álbum de fotografias não publicado.
- RODRIGUES, F.O; ROQUETTI, M.H. Baixada Santista: Estudo de manguezais. São Paulo: CETESB. 1983, 116p.
- RODRIGUES, M.R.. A Flora da Amazônia. 1.ed. Belém: Cejup. 1989. 462p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. & CINTRON,G. Guia para estudo de áreas de manguezal: sua estrutura, função e flora. Caribbean Ecological Research, 1986. 105p.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Manguezal: Ecossistema entre a terra e o mar. São Paulo: Caribbean Ecological Research. 1995. 64p.
- SENNA, C.. Aplicações do Sensoriamento Remoto no Mapeamento do Litoral do NE do Pará. In: Workshop ECOLAB, 3, 1995. Belém, Livro de Resumos Expandidos. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi, p.87-88, 1995.
- SESSEGOLO, G.C. & LANA, P.C. Decomposition of *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana* and *Laguncularia racemosa* in a mangrove of Paranaguá Bay (Southeastern Brazil) Botanica Marina v.34 p. 285-9, 1991.
- STEINKE, T.D.; NAIDOO, G.; CHARLES, L.M. Degradation of mangrove leaf and stem tissues in situ in Mgeni estuary, South Africa. In : TEAS, H.J. (ed) Biology and Ecology of mangroves (Tasks for Vegetation Sciences, 8) The Hague, Dr. W. Junk Publ. p.141-9, 1983.
- TOMLINSON, P.B.The Botany of mangroves. Cambridge: University Press, 1986. 413p.
- TWILLEY,R.R.. Litter Dynamics and Organic Carbon in Black mangrove (*Avicennia germinans*) Basin Forests in a Southwest Florida Estuary. Gainesville:, 1982. Tese (PhD). University of Florida, 1982.
- VELEZ, M.V.. El Ecosistema del Manglares. Com. Soc. Malac. Uruguay, v.4 n.34 p.347 - 357, 1978.
- VITOUSEK, P.Nutrient Cycling and Nutrient use efficiency. Amer. Nat. v.119 n.4 p.553-572. 1982.
- WALTER, H. Die vegetation der Erde in okophysiologicalher Betrachtung. Vol. 1. Die tropischen und subtropischen Zonen. Fischer Verlag, Jena.1973
- WIEDER, R.K.; LANG, G.E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. Ecology v.63 n.6 p.1636-1642. 1982.
- WITKAMP, M.. Soils as components of ecosystems. Ann. Ver. Ecol. Syst. v.2 p.85-110. 1981.

