



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

MONOGRAFIA

**CARACTERIZAÇÃO EDÁFICA E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM COMPLEXO
FLORESTAL PERIODICAMENTE INUNDÁVEL NA ILHA DA MARAMBAIA-RJ.**

Ranieri Ribeiro Paula

Orientador: Marcos Gervasio Pereira

Seropédica 2009



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**CARACTERIZAÇÃO EDÁFICA E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM COMPLEXO
FLORESTAL PERIODICAMENTE INUNDÁVEL NA ILHA DA MARAMBAIA-RJ.**

Ranieri Ribeiro Paula

Orientador: Marcos Gervasio Pereira

Monografia apresentada ao Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Florestal

Seropédica 2009

**CARACTERIZAÇÃO EDÁFICA E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM COMPLEXO
FLORESTAL PERIODICAMENTE INUNDÁVEL NA ILHA DA MARAMBAIA-RJ.**

RANIERI RIBEIRO PAULA

APROVADA EM 30/06/2009

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Gervasio Pereira
(Orientador)

Prof. Dr. André Felipe Nunes de Freitas
(Membro Titular)

Dr. Maria Elizabeth Fernandes Correia
(Membro Titular)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais UMBERTO e JUSSARA
Aos meus irmãos RENAM e NATÁLIA

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e ajuda nos momentos difíceis.

À minha família, em especial, aos meus pais Umberto e Jussara e irmãos Renam e Natália, pelo amor e apoio durante esse longo tempo longe de casa.

Aos meus avós, pelo carinho e ajuda nos momentos em que precisei.

Ao meu orientador Professor Marcos Gervasio Pereira, pelos grandes ensinamentos e puxões de orelha que muito contribuíram para minha formação pessoal e profissional.

Ao meu outro orientador Professor Paulo Sergio dos Santos Leles, pelo apoio, ensinamentos e amizade durante esse final de curso.

Aos diversos professores do curso de Engenharia Florestal da UFRRJ, pelos ensinamentos e contribuições para minha formação profissional.

Ao pessoal do Departamento de Solos e do Laboratório de Gênese e Classificação do Solo, em especial, ao Arcângelo pela ajuda nas análises de solos, interpretação dos resultados e a Luciene pela formatação dessa monografia.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pelo acolhimento e aprendizagem de vida que, sem sombra de dúvida, à diferencia e proporciona uma excelente formação pessoal e profissional.

Aos meus grandes amigos, Fernando, Alexandre, Catia, Carol, Andréia, Renata, Charles, Deivid, e tantos outros que compartilhamos, angustias, anseios, expectativas e sonhos. Tenho certeza que um dia estaremos rindo muito de tudo isso!

CARACTERIZAÇÃO EDÁFICA E CICLAGEM DE NUTRIENTES EM COMPLEXO FLORESTAL PERIODICAMENTE INUNDÁVEL NA ILHA DA MARAMBAIA-RJ.

RESUMO

No presente estudo buscou-se entender algumas características e relações entre componentes da dinâmica de um complexo florestal periodicamente inundado na restinga da Marambaia-RJ. Para tal foram analisadas, dentro desse complexo, três formações florestais, sendo: F1 (formação florestal 1), F2 (formação florestal 2) e F3 (formação florestal 3), onde se efetuou uma análise dos atributos edáficos em duas formações florestais (F1 e F2), bem como a dinâmica da deposição e decomposição da serapilheira, nas formações F1, F2 e F3. Esses ambientes possuem uma dinâmica natural própria que a distingue de outros, onde se tem como fator limitante as condições de anaerobiose do solo causada, principalmente, pela influência do lençol freático de origem marinha. Onde se encontra elevado acúmulo de matéria orgânica, gerado pelo grande volume de serapilheira depositado (maiores que $10 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) aliado as baixas velocidades de decomposição (perdas de massa menores que $0,0033 \text{ g.dia}^{-1}$). Os solos sob esses ambientes apresentam alto teor de carbono orgânico ($\text{COT} > 300 \text{ g.Kg}^{-1}$), baixos valores de pH, baixo valor de soma de bases (VS) e saturação por bases (V%), sendo que a CTC (capacidade de troca catiônica) apesar de alta ($\text{CTC} > 50$), tem o complexo sortivo ocupado, principalmente, por elementos ácidos como o hidrogênio. Mesmo com todas as limitações e condições de estresse ambiental, tem-se nessas formações, embora com menor diversidade, um componente arbóreo volumoso e com espécies totalmente adaptadas a esses ambientes.

Palavras-chave: Dinâmica da serapilheira; Fertilidade natural; Hidromorfismo; Florestas periodicamente inundadas; Restinga.

ABSTRACT

This study aims to understand the characteristics and relationships between components of the dynamics of a forest periodically flooded in the restinga Marambaia-RJ. Were analyzed, three forest formations, which: F1 (forest formation 1), F2 (forestry formation 2) and F3 (forestry formation 3), where an analysis was conducted in the edaphic attributes in two forest formations (F1, F2) and the dynamics of deposition and decomposition of litter in formations F1, F2 and F3. These environments have a natural dynamic that distinguishes it self from others, as being the limiting factor of anaerobic soil conditions caused by the influence of groundwater of marine origin. Where they have high accumulation of organic matter generated by the large amount of litter deposited (larger than $10 \text{ Mg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) at the expense of low rates of decomposition (mass loss of less than $0.0033 \text{ g.dia}^{-1}$). The soils in these environments have high organic carbon content ($\text{COT} > 300 \text{ g.Kg}^{-1}$), low pH, low value of the sum of bases (VS) and base saturation ($\text{V}\%$) and CTC (cation exchange capacity), although high ($\text{CTC} > 50$), the complex sortivo that soil occupied mainly by acidic elements such as hydrogen. Even with all the limitations and conditions of environmental stress, they have component tree with less diversity and adapted to these environments.

Key words: Dynamics of litter; Fertility natural; hydromorphic; forests periodically flooded; Restinga.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	x
INTRODUÇÃO GERAL	1
CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	3
CAPÍTULO I APORTE DE NUTRIENTES E DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA EM TRÊS FRAGMENTOS FLORESTAIS PERIODICAMENTE INUNDADOS NA ILHA DA MARAMBAIA, RJ.	9
1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1. Aporte da Serapilheira e Determinação de N, P e K	13
2.2. Decomposição da Serapilheira	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
3.1. Produção de Serapilheira	15
3.2. Aporte de N, P e K.	18
3.3. Decomposição da Serapilheira	20
4. CONCLUSÃO.....	22
CAPÍTULO II PROPRIEDADES QUÍMICAS E FRACIONAMENTO DA MATERIA ORGÂNICA EM COMPLEXO FLORESTAL PERIODICAMENTE INUNDADO NA ILHA DA MARAMBAIA - RJ.	23
1. INTRODUÇÃO	25
2. MATERIAL E MÉTODOS	27
2.1. Amostragem da Área e Aferimento da Profundidade do Lençol Freático	27
2.2. Análises Químicas	27
2.3. Análise Estatística dos Dados.....	28
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
3.1. Testes Estatísticos Utilizados	30
3.2. Propriedades Químicas	30
3.3. Teores de Carbono, Nitrogênio e Grau de Decomposição da Matéria Orgânica	32
3.4. Fracionamento Químico da Matéria Orgânica	37
3.5. Análise dos Componentes Principais	39
4. CONCLUSÃO.....	41
CONCLUSÃO GERAL	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Perfil esquemático de ambientes comumente encontrados em restingas.	1
Figura 2- Localização da Restinga da Marambaia no estado do Rio de Janeiro. (Fonte: Menezes, 2005).	3
Figura 3 – Distribuição das formações florestais periodicamente inundadas em estudo na restinga da Marambaia.	5
Figura 4- Acúmulo de serapilheira sobre o solo das formações florestais estudadas	8
Figura 5- Característica quanto à diversidade de espécies nas formações florestais estudadas.	8

CAPÍTULO I

Figura 1: Produção de serapilheira e precipitação nas três formações florestais de restinga e precipitação no período de estudo.	15
Figura 2 : Frações do material decíduo nas três formações florestais de restinga.	17
Figura 3: Conteúdo anual de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) devolvidos nas formações florestais de restinga, Ilha da Marambaia-RJ.	19
Figura 4: Conteúdo de potássio devolvido nas três formações florestais de restinga, Ilha da Marambaia-RJ. Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste T de Bonferrone ($p < 0,05$).	19
Figura 5: Decomposição de folhas da serapilheira de formações florestais (F) de restinga	21

CAPÍTULO II

Figura 1 - Variações do lençol freático nas duas formações florestais estudadas. Onde: Ai, Aii e Aiii , correspondem os sítios de coletas na Formações Florestal 1 e Bi, Bii e Biii os sítios de coleta na Formações Florestal 2.	33
Figura 2 - Diagrama de ordenação produzido pela Análise dos Componentes Principais nas duas formações florestais em estudo, sendo F1 e F2 representado pelos números 1 e 2, respectivamente, nas três profundidades avaliadas.	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1a - Lista florística das três formações florestais e matriz de presença e ausência.	6
Tabela 1b - Lista florística das três formações florestais e matriz de presença e ausência.	7

CAPÍTULO II

Tabela 1 – Teores médios dos elementos químicos avaliados nas duas formações em estudo1..	31
Tabela 2 - Teores médios de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio (N) e relação C/N em solos sob dois fragmentos florestais e três diferentes profundidades.....	34
Tabela 3 - Grau de humificação da matéria orgânica em F1 nas três profundidades em estudo, segundo a escala de Von Post.....	36
Tabela 4 - Grau de humificação da Matéria Orgânica em F2 nas três profundidades em estudo, segundo a escala de Von Post.....	36
Tabela 5 - Teores médios de carbono das substâncias húmicas (g kg^{-1}) e a relação (%) entre o carbono de cada fração e o carbono total nas duas formações florestais em estudo e diferentes profundidades.	37
Tabela 6 - Relação entre os valores médios da fração ácido húmico e ácido fúlvico (C-AH / C-AF), entre a fração humina e somatório de ácido húmico e ácido fúlvico (C-HUM / C-AH + C-AF) e somatório das frações humina, ácido húmico e ácido fúlvico em relação ao carbono total (C-HUM + C-AH + C-AF / COT), nas duas formações florestais estudadas e diferentes profundidades.	39

INTRODUÇÃO GERAL

A palavra “restinga” é usada tanto para designar vários tipos de depósitos litorâneos quanto outras feições costeiras. Entre outros usos, o emprego no sentido botânico designaria uma vegetação arbustivo-arbórea características de zonas costeiras. Sua ocorrência está relacionada com variações no nível do mar no Holoceno e a conseqüente formação ao longo da costa brasileira, de vastas planícies sedimentares arenosas. Em conseqüência das transgressões e regressões marinhas, elas tomaram a forma de uma sucessão de cordões litorâneos arenosos que são, em geral, cobertos por comunidades vegetais características e diversas, genericamente denominadas de restingas (SUGUIO e TESSLER, 1984).

Os diferentes tipos de vegetação ocorrentes nas restingas brasileiras variam desde formações herbáceas, passando por formações arbustivas, abertas ou fechadas, chegando a florestas cujo dossel varia em altura, geralmente não ultrapassando os 20 m (Figura 1). Em muitas áreas de restinga no Brasil, ocorrem períodos mais ou menos prolongados de inundação do solo, fator que tem grande influência na distribuição de algumas formações vegetais.



Figura 1- Perfil esquemático de ambientes comumente encontrados em restingas.

Fonte: www.light.com.br/Ecosistemas/Restinga_Rio_1.pdf. Extraído em 19-02-2009.

A periodicidade com que ocorre o encharcamento e a sua respectiva duração são decorrentes principalmente da topografia do terreno, da profundidade do lençol freático e da proximidade de corpos d'água (rios ou lagoas), produzindo em muitos casos um mosaico de formações inundáveis e não inundáveis, com fisionomias variadas, o que até certo ponto justifica o nome de "complexo" que é empregado para designar as restingas. Assim, caracterizam-se como um conjunto de ecossistemas variados fitofisionomicamente, refletindo assim diferenças geomórficas, pedológicas e climáticas, além de diferentes etapas sucessionais (SILVA, 2000).

Como a saturação hídrica nas florestas de restinga esta relacionada ao afloramento do lençol freático, que decorre de períodos mais intensos de precipitação e mudanças topográficas súbitas, um gradiente espaço - temporal de locais secos até inundáveis pode se formar em uma mesma área (SCARANO et al., 1997). Desse modo, é esperado que as espécies possuam determinadas características morfofisiológicas (tolerância das sementes, plântulas e adultos ao alagamento) que as permitam, indistintamente ou não, a colonização deste ambientes.

Associado a estas características ainda há uma série de estratégias que otimizam o estabelecimento e sobrevivência, tais como ajustes fenológicos na dispersão de sementes para estação favorável, dispersão tanto pela água quanto por animais e dormência de sementes, pré e pós – dispersão (SCARANO et al., 1997).

Os solos, de modo geral, são constituídos por material sólido e por espaços porosos, cujo preenchimento apresenta variáveis proporções de ar e água (RAVEN et al., 2001). Em condições de saturação hídrica, como nas inundações ou nas situações de encharcamento, o oxigênio presente nos espaços entre as partículas do solo é substituído pela água. Desta maneira, cria-se um ambiente hipóxico ou anóxico para o sistema radicular, uma vez que oxigênio difunde-se muito lentamente no meio aquoso, com a formação de um ambiente aeróbico de apenas poucos milímetros na superfície aquosa (LOBO e JOLY, 2000; LARCHER, 2006).

Juntamente com a restrição das trocas gasosas entre o solo e a atmosfera, a saturação hídrica do solo altera sua microbiota, seu pH e diminui as taxas de decomposição de matéria orgânica (LOBO e JOLY, 2000). Adicionalmente, a substituição de microorganismos aeróbios por organismos anaeróbios em condições de hipoxia ou anoxia pode ocasionar o acúmulo, a níveis tóxicos, de substâncias como etanol, propanol, butano, ácido acético e gases como o metano (PONNAPERUMA, 1984). Dessa forma tem-se nos solos sob essas condições uma liberação mais lenta dos nutrientes contidos serapilheira, devido as baixas velocidades de decomposição, onde, possivelmente, tem-se a atividade de crescimento vegetal associado as épocas de rebaixamento do lençol freático (período seco), por haver melhores condições de aerobiose e menor atividade de microorganismos que atuam em condições de deficiência de oxigênio, reduzindo os teores de elementos tóxicos aos vegetais.

Na Restinga da Marambaia, Rio de Janeiro (RJ), foram caracterizadas 11 formações vegetais, sendo quatro destas tipificadas como formações herbáceas (herbácea fechada inundável, herbácea fechada inundada, herbácea aberta de praia e herbácea fechada de cordão arenoso), quatro formações arbustivas (arbustiva aberta não inundável, arbustiva aberta inundável, arbustiva fechada de duna e arbustiva fechada de pós-praia) e três formações florestais (floresta inundada, floresta inundável e floresta de cordão arenoso) (MENEZES E ARAÚJO, 2005).

Em sua área pode ser encontrado, em bom estado conservação, esses ambientes originais, devido a presença de instalações militares na área. Dessa forma os estudos que contribuam para a compreensão do funcionamento desses ambientes são de suma importância à medida que fornecem subsídios para promoção de projetos de restauração florestal e/ou ações mitigadoras no uso de tais ambientes.

O presente estudo tem por objetivo caracterizar um complexo florestal periodicamente inundado na Restinga da Marambaia-RJ, o qual foi dividido em três formações florestais periodicamente inundadas. Os objetivos específicos são: (I) avaliação da dinâmica de deposição e decomposição da serapilheira em três formações florestais, sendo F1 (formação florestal 1), F2 (formação florestal 2) e F3 (formação florestal 3); (II) avaliação dos atributos edáficos e da qualidade da matéria orgânica em duas dessas formações (F1 e F2).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A restinga da Marambaia se localiza, em parte, na zona oeste do município do Rio de Janeiro, se estendendo através de um cordão arenoso até parte dos municípios de Itaguaí e de Mangaratiba (Figura 2).



Figura 2- Localização da Restinga da Marambaia no estado do Rio de Janeiro. (Fonte: Menezes, 2005).

O clima da região classificado segundo Köppen (1948), enquadra-se no macroclima Aw (clima tropical chuvoso com inverno seco), apresentando médias mensais sempre acima 20,0°C e média anual alcançando 23,7° C. Em fevereiro ocorre a maior temperatura média mensal (26,8° C) e em agosto a menor (20,9° C).

A precipitação é de 1239,7mm, sendo que a maior parte deste ocorre no verão. Entre os meses de novembro a março os índices pluviométricos médios são sempre superiores a 100 mm, sendo que nesta época a maior parte das precipitações, é de origem convectiva. Os meses de inverno são mais secos, entre julho a agosto a precipitação média mensal situa-se entre 40 e 55 mm. A umidade relativa do ar durante todo o ano fica próxima a 81%, diminuindo um pouco no inverno. Esses altos valores de umidade são conseqüências da posição geográfica, que é influenciada pela proximidade com o mar e das brisas locais (MATTOS, 2005).

Os ventos predominantes na região são oriundos do norte (N), entre os meses de janeiro a julho, com velocidades médias entre 2,2 a 2,7 m s⁻¹, embora nesse período também ocorram ventos provenientes do sul (S) e em março do sudeste (SE). Entre agosto e dezembro os ventos

provem do sul (S), com velocidades um pouco superiores, chegando a atingir valores de $3,2 \text{ m s}^{-1}$ na primavera. Durante a entrada de frentes frias ocorrem ventos provenientes do sudoeste (SW) com rajadas superiores a 13 m s^{-1} , podem ocorrer também ventos locais, os quais antecedem as precipitações convectivas nos meses de verão, podendo atingir velocidades próximas a 30 m s^{-1} (MATTOS, 2005).

Para o estudo foram selecionadas três áreas de florestas periodicamente inundadas (ARAÚJO e HENRIQUES, 1984). Tal denominação é referente a influência do lençol freático nas formações vegetais, sendo que durante os períodos de maior pluviosidade as áreas tornam-se encharcadas. Essas florestas são geralmente localizadas nas depressões mal drenadas, sendo comum a ocorrência de Organossolos, relacionados a depósitos paludais ou turfáceos, sendo encontradas na restinga da Marambaia ao redor das lagoas Vermelha e Lagoinha, podendo também ocorrer nas depressões do cordão arenoso interno, formadas pelos arrombamentos causados pelo mar e, neste caso, sendo inundadas pelo afloramento do lençol freático (MENEZES et al., 2005).

As formações estudadas (Figura 3) estão localizadas na porção denominada Bravo VI (coordenadas $23^{\circ} 03' \text{ S}$ e $43^{\circ} 36' \text{ W}$), sendo denominadas como formação florestal 1 (F1), formação florestal 2 (F2) e formação florestal 3 (F3). Essas possuem diferenças principalmente quanto ao grau de saturação hídrica, devido a influência do lençol freático que, nesses ambientes tem origem marinha. Em F1 e F2 são observadas, nos meses mais secos, a presença de lâminas de água mais espaçadas, localizadas nos pontos mais baixos do relevo. Diferindo das demais, a formação F3 apresenta-se saturada durante todo o ano, pois além da presença do lençol freático, tem-se também a presença de um pequeno curso de água que passa por essa formação.



Figura 3 – Distribuição das formações florestais periodicamente inundadas em estudo na restinga da Marambaia.

Nessas formações são comuns espécies arbóreas com até 20 m de altura, podendo também algumas espécies emergentes apresentar alturas superiores a 25 m. Dentre elas destacam-se: *Tapirira guianensis* Aubl. e *Calophyllum brasiliense* Cambess. Além dessas espécies, marcadamente dominantes do dossel, as mais comuns são *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC., *Anaxagorea dolichocarpa* Sprague & Sandwith, *Myrcia acuminatissima* O. Berg, *Myrcia multiflora* (Lam.) DC., *Annona glabra* L. *Garcinia brasiliensis* Mart., *Diospyros ebenaster* Retz.

Como características gerais, as formações F1 e F2 possuem uma maior diversidade de espécies, sendo que algumas possuem maior valor de importância: *Calophyllum brasiliense* Cambess (90,2 %), *Myrcia acuminatissima* O. Berg (48,2 %), *Tapirira guianensis* Aubl. (36,2 %), *Myrcia multiflora* (Lam.) DC. (28,5 %), *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC. (21,1 %), em “F1” e *Calophyllum brasiliense* Cambess (58,5 %), *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC (44,9 %), *Tapirira guianensis* Aubl. (40,9 %), *Diospyros ebenaster* Retz. (38,0 %), *Myrcia acuminatissima* O. Berg. (28,2 %), em “F2”. Já a formação F3, se encontra mais fortemente submetida à saturação hídrica, pois além da influencia do lençol freático, ela também é interceptada por um pequeno curso d’água, apresentando provavelmente por esse fator, uma menor diversidade. Dentre as espécies de maior VI, destacam-se: *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC. (138,1 %), *Calophyllum brasiliense* Cambess (86,8 %), *Diospyros ebenaster* Retz. (17,2 %), *Myrcia acuminatissima* O. Berg. (16,1 %), *Inga subnuda* salzm. ex Benth. (10,8 %).

Na Tabela 1 é apresentada a lista florística e a matriz de presença e ausência das espécies encontradas em cada sítio em estudo.

Tabela 1a - Lista florística das três formações florestais e matriz de presença e ausência.

Famílias e Espécies encontradas	F1	F2	F3
ANACARDIACEAE			
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl	1	1	1
ANNONACEAE			
<i>Annona glabra</i> L.	1	0	0
<i>Anaxagorea dolichocarpa</i> Sprague & Sandwith	1	1	1
<i>Xylopiã brasiliensis</i> Spreng.	1	1	0
AQUIFOLIACEAE			
<i>Ilex microdonta</i> Reissek	1	1	0
BIGNONIACEAE			
<i>Tabebuia cassinoides</i> (Lam) DC.	1	1	1
CHLORANTHACEAE			
<i>Hedyosmum brasiliense</i> Miq.	1	1	0
CLUSIACEAE			
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	1	1	1
<i>Garcinia brasiliensis</i> Mart.	1	0	0
<i>Kielmeyera lathrophytum</i> N. Saddi	1	0	0
EBENACEAE			
<i>Diospyros ebenaster</i> Retz	1	1	1
EUPHORBIACEAE			
<i>Actinostemon communis</i> (Müll.Arg.) Pax.	1	1	1
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	1	1	1
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	1	0	0
<i>Pera glabrata</i> Baill.	1	1	0
FABACEAE			
<i>Andira fraxinifolia</i> Bent	1	1	1
<i>Inga subnuda</i> salzm. ex Benth.	1	1	1

Tabela 1b - Lista florística das três formações florestais e matriz de presença e ausência.

	F1	F2	F3
AURACEAE			
<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	0	1	0
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	0	1	0
<i>Ocotea schottii</i> (Meisn.) Mez	1	0	0
MELASTOMATACEAE			
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	1	1	1
MELIACEAE			
<i>Guarea macrophylla</i> ssp. <i>tuberculata</i> (Vell.) T.D.Penn.	0	1	1
MORACEAE			
<i>Ficus adhatodifolia</i> Schott	1	0	0
<i>Ficus clusifolia</i>	0	1	0
<i>Ficus gomelleira</i> Kunth & Bouché	1	1	0
<i>Ficus hirsuta</i> Schott	1	0	0
MYRSINACEAE			
<i>Myrsine venosa</i> A. DC.	1	1	0
<i>Cybianthus peruvianus</i> (A. DC.) Miq.	0	1	0
MYRTACEAE			
<i>Calypttranthes brasiliensis</i> Spreng.	1	1	0
<i>Eugenia brasiliensis</i> Lam.	1	1	0
<i>Myrcia acuminatissima</i> O. Berg	1	1	1
<i>Myrcia multiflora</i> (Lam) DC.	1	1	0
<i>Psidium cattleyanum</i> Sabine	1	1	0
NYCTAGINACEAE			
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	1	0	0
OCHNACEAE			
<i>Ouratea olivaeformis</i> (A. St.-Hil.) Engl.	1	0	0
RUBIACEAE			
<i>Amaioua intermedia</i> Mart. ex Roem. & Schult.	1	1	0
<i>Tocoyena bullata</i> Mart.	1	0	0
URTICACEAE			
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	1	1	1
<i>Coussapoa microcarpa</i> (Schott) Rizzini	0	1	0

Onde: 1-ocorre, 0-não ocorre e F1 - Formação florestal 1; F2 - Formação florestal 2 e F3 - Formação florestal 3.

Fonte: Alexandre dos Santos Medeiros (dados não publicados).

Essas formações florestais periodicamente inundadas, na restinga da Maramabaia são caracterizadas principalmente por apresentarem menor diversidade de espécies, quando comparadas a outras formações do bioma atlântico e um acentuado acúmulo de serapilheira sobre o solo, podendo as camadas atingirem mais de 20 cm de espessura (Figuras 4 e 5). Tal acúmulo e diversidade se devem principalmente as condições de anaerobiose, decorrentes da saturação hídrica, causada pela influência do lençol freático.



Figura 4- Acúmulo de serapilheira sobre o solo das formações florestais estudadas

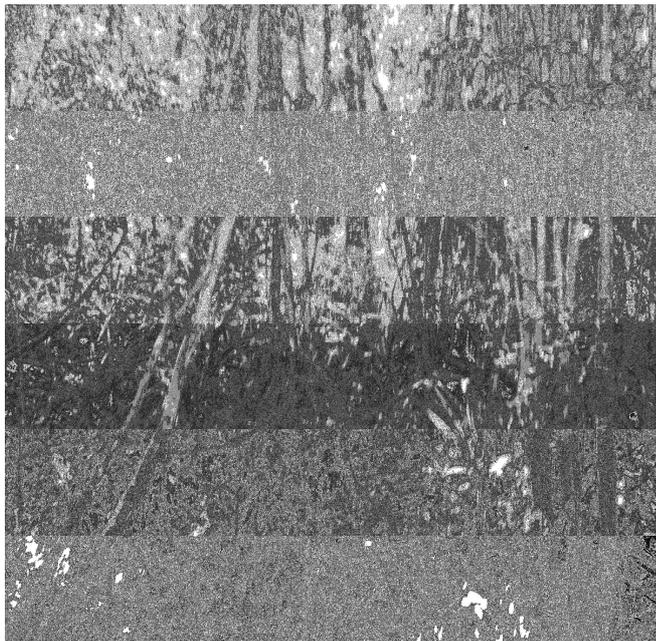


Figura 5- Característica quanto à diversidade de espécies nas formações florestais estudadas.

CAPÍTULO I

APORTE DE NUTRIENTES E DECOMPOSIÇÃO DA SERAPILHEIRA EM TRÊS FRAGMENTOS FLORESTAIS PERIODICAMENTE INUNDADOS NA ILHA DA MARAMBAIA, RJ.

RESUMO

O presente estudo foi realizado em três formações florestais de restinga que se encontram periodicamente inundadas, na Restinga da Marambaia, RJ. Para a quantificação da produção de serapilheira foram utilizados 10 coletores cônicos por formação, durante outubro de 2005 a setembro de 2006. A avaliação da decomposição se deu por meio de sacolas de decomposição (*litter bags*), sendo distribuídas 15 sacolas por formação. A produção anual de serapilheira estimada para cada uma das formações florestais, variou de 11,3, 10,8 e 11,1 Mg ha⁻¹ano⁻¹, para F1, F2 e F3, respectivamente, com maiores valores de deposição na estação chuvosa. A fração folhas foi a mais representativa em todas as formações. O nitrogênio foi o nutriente devolvido em maior quantidade a esses solos, 130,8 kg ha⁻¹ ano⁻¹ em F3. A decomposição se apresentou como uma curva do tipo exponencial, sendo a constante de decomposição (k) e o tempo de meia vida foi de 0,0032 g dia⁻¹ e 217 dias em F2, 0,0031 g dia⁻¹ e 227 dias em F3 e 0,0028 g dia⁻¹; 247 dias em F1

Palavras-chave: folhedo; deposição; restinga, ciclagem de nutrientes

ABSTRACT

The litter production and decomposition of three Atlantic Forest fragments periodically floodable in the Island of Marambaia, Mangaratiba, RJ, were studied from October 2005 to September 2006. For the litter deposition evaluation, 10 litter traps were installed and in each forest formation to quantify the litter decomposition 15 litter bags were allocated in each area. The annual litter production was 11.3, 10.8 e 11.1 Mg ha⁻¹year⁻¹, to F1, F2 e F3, respectively, the highest deposition was verified in the rainy season. To nutrients devolution, the highest value was observed to N, 130.8 kg ha⁻¹ year⁻¹ in F3. The fraction leaves were of higher contribution in relation to the others in all areas. The litter decomposition, evaluated by constant of decomposition (k) and half time life was 0.0032 g day⁻¹ and 217 days (F2), 0.0031 g day⁻¹ and 227 days (F3) and 0.0028 g day⁻¹ and 247 days (F1).

Key words: litter; deposition; restinga, nutrient cycling

1. INTRODUÇÃO

O estudo da ciclagem de nutrientes minerais, via serapilheira, é de fundamental importância para o conhecimento da estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais. Parte do processo de devolução da matéria orgânica e de nutrientes para o piso florestal se dá através da deposição da serapilheira, sendo esta considerada o meio mais importante de transferência de elementos essenciais da vegetação para o solo (VITAL et al., 2004).

A ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais, plantados ou naturais, tem sido amplamente estudada com o intuito de se obter maior conhecimento da dinâmica dos nutrientes nestes ambientes, não só para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas, mas também buscando informações para o estabelecimento de práticas de manejo florestal para recuperação de áreas degradadas e manutenção da produtividade de sítios degradados em recuperação (SOUZA e DAVIDE, 2001). Nesse sentido a produção e a decomposição são parâmetros utilizados, em projetos de recuperação de áreas degradadas, como indicadores de restauração (ARATO et al., 2003).

A serapilheira é constituída por materiais vegetais depositados na superfície do solo, tais como folhas, cascas, ramos, troncos, gravetos, flores, inflorescências, frutos, sementes e fragmentos vegetais não identificáveis. Sua deposição introduz heterogeneidade temporal e espacial ao ambiente, podendo afetar a estrutura e a dinâmica da comunidade vegetal (FACELLI e PICKETT, 1991).

Vários fatores bióticos e abióticos influenciam a produção de serapilheira, tais como: tipo de vegetação, altitude, latitude, precipitação, temperatura, regimes de luminosidade, relevo, decíduosidade, estágio sucessional, disponibilidade hídrica e características do solo. Dependendo das características de cada ecossistema, um determinado fator pode prevalecer sobre os demais (FIGUEIREDO FILHO et al., 2003).

Após a deposição do material decíduo, o seu acúmulo na superfície do solo será regulado pela taxa de decomposição (HAAG, 1985). Alterações físicas no solo provocadas pela liberação de nutrientes e de compostos fitotóxicos podem modificar a atividade de organismos decompositores (MOORHEAD et al., 1998).

A regulação das taxas de decomposição da matéria orgânica depende fundamentalmente das condições físicas e químicas do ambiente e da qualidade orgânica e nutricional do material que é aportado. Associado a estes fatores, a fauna edáfica se encontra inteiramente envolvida nos processos de fragmentação da serapilheira e estimulação da comunidade microbiana do solo (CORREIA e ANDRADE, 1999).

Os três principais índices que tem sido usado para estimar a decomposição da serapilheira são: a respiração do solo, o valor K, que e a relação entre a quantidade de material que cai do dossel e a que esta depositada sobre o solo, e avaliações diretas através de medidas de perda de massa (*litter bags* e *cover litter*) (CORREIA e ANDRADE, 1999). Dentre estes métodos empregados, apesar das críticas apontadas por alguns autores como Anderson e Ingram (1996) e Rezende et al. (1999), o método do *litter bag* é o que parece melhor representar com fidelidade a dinâmica de desaparecimento da manta orgânica.

Em função do elevado grau de antropização que os remanescentes florestais da Mata Atlântica são submetidos, a restinga da Marambaia, devido à sua riqueza de formações vegetais,

ainda em um bom grau de conservação, apresenta-se com elevado potencial para o desenvolvimento de estudos ecológicos, que possam vir a contribuir para um melhor conhecimento do bioma e funcionar também como ferramenta no planejamento do manejo a ser adotado em programas de recuperação de áreas degradadas.

O presente estudo teve por objetivo a avaliação temporal da dinâmica da serapilheira, bem como a quantificação do material decíduo aportado em três formações florestais com diferentes regimes de saturação hídrica na Restinga da Marambaia, RJ.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Aporte da Serapilheira e Determinação de N, P e K

Em cada uma das áreas foram instalados 10 coletores cônicos, com 0,5 m de diâmetro e distando uma altura média de 0,4 m do solo. As coletas foram realizadas mensalmente durante o período de outubro de 2005 a setembro de 2006. Após coletado, o material foi seco em estufa de circulação de ar forçado a 65°C, por 48 horas, quando atingiu peso constante, sendo posteriormente estratificado nas frações: folhas, galhos, material reprodutivo e resíduos (material não identificado). Posteriormente o material foi pesado e moído em moinho do tipo Wiley com malha < 2mm. A produção de serapilheira foi estimada segundo Lopes et al. (2002), a partir da expressão:

$$PS = (PMS \times 10000) / Ac$$

PS= produção de serapilheira ($Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$).

PMS= produção mensal de serapilheira ($Mg\ ha^{-1}\ mês^{-1}$).

Ac= área do coletor (m^2).

As análises químicas foram realizadas segundo Tedesco et al. (1995) e Malavolta (1989).

Com o objetivo de verificar a existência de diferenças significativas entre os aportes mensais de serapilheira nas formações, bem como nos conteúdos de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), foi usado o teste T de Bonferrone.

2.2. Decomposição da Serapilheira

Para a avaliação da decomposição da serapilheira, foram utilizadas 10 gramas de folhas previamente secadas em estufa, sendo posteriormente acondicionada em sacolas de decomposição (*litter bags*). Foram instalados 45 *litter bags*, sendo 15 por formação. Os *litter bags* foram distribuídos aleatoriamente nas áreas sendo fixados através de um fio de náilon a vegetação. A quantificação da taxa de decomposição foi feita através de medidas de perda de massa, sendo as coletas dos *litter bags*, realizadas em intervalos regulares de 30, 60, 90, 120 e 150 dias durante os meses de março/2006 a julho/2006.

De posse dos valores de perda de massa de cada formação ao longo do período de estudo, foi estimada a constante de decomposição k, conforme Thomas e Asakawa (1993) usando o modelo exponencial apresentado abaixo:

$$X_t = X_0 \cdot e^{-kt}$$

Onde:

X_t é o peso do material remanescente após t dias.

X₀ o peso do material seco originalmente colocado nos sacos no tempo zero (PI=10g).

K é a constante de decomposição estimada pela equação.

Através desse modelo exponencial, foi obtido o valor da constante k para cada unidade de estudo, que indica a velocidade de decomposição. Esse modelo exponencial, bem como as curvas que caracterizam a perda de peso (decomposição) da serapilheira foliar, foi confeccionado com o auxílio do programa SIGMAPLOT. O tempo de meia-vida ($t^{1/2}$) desse material foi calculado conforme (REZENDE et al., 1999) por meio da equação:

$$t^{1/2} = \ln(2) / k.$$

Onde k é a constante de decomposição estimada pelo programa citado anteriormente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Produção de Serapilheira

O aporte de serapilheira e os índices pluviométricos ao longo do período de estudo estão apresentados na Figura 1. Verifica-se que no período onde houve precipitação mais acentuada (janeiro) foi observado uma maior deposição de serapilheira, sendo verificado correlação significativa entre estes parâmetros, para as diferentes áreas, onde F1 (0,65; $p < 0,01$), FF2 (0,61; $p < 0,01$) e com maior correlação em FF3 (0,75; $p < 0,01$).

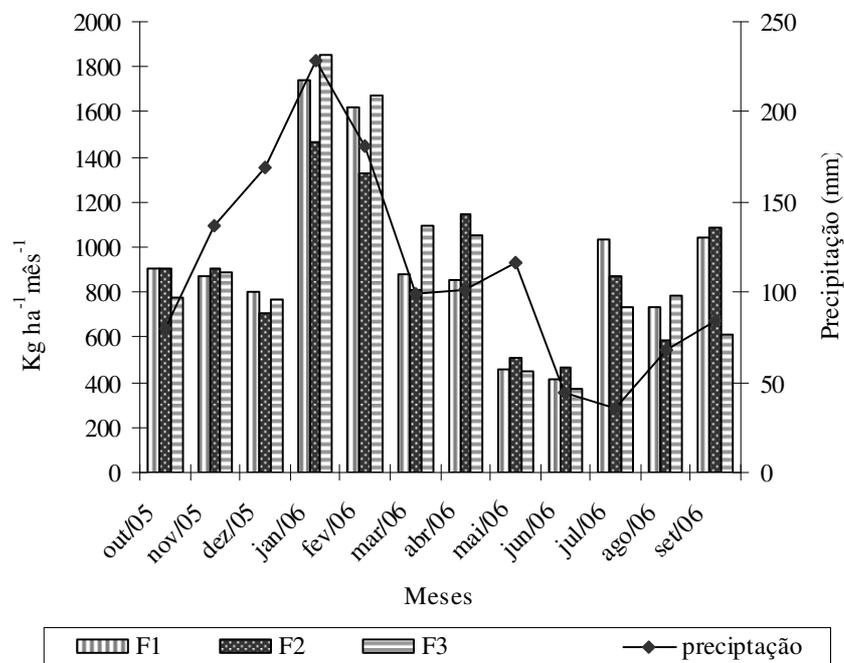


Figura 1: Produção de serapilheira e precipitação nas três formações florestais de restinga e precipitação no período de estudo.

Durante o período de estudo foram observados maiores valores de produção nos meses de janeiro e fevereiro (estação chuvosa) com maior produção mensal em F3, depositando sobre o solo cerca de 1850,6 e 1676,3 kg ha⁻¹mês⁻¹, respectivamente, sendo seguido por F1 com 1742,6 e 1619,7 kg ha⁻¹mês⁻¹ e F2 com 1468,1 e 1328,8 kg ha⁻¹mês⁻¹. Os meses de maio e junho (estação seca) caracterizaram-se pela menor produção de serapilheira. Observando-se um comportamento aleatório na deposição nos outros meses, o que pode ser decorrente da ação de outros fatores.

Resultados semelhantes foram obtidos por Pagano (1989) e César (1993) em florestas semidecíduas do estado de São Paulo. Herbohn e Congdon (1993) consideram a ocorrência de

maior produção de serapilheira na estação seca influenciada principalmente pelo estresse hídrico. Em florestas semidecíduais a maior queda das folhas é observada no fim da estação seca e início da chuvosa, sendo este comportamento atribuído a vários fatores como disponibilidade de água (CÉSAR, 1993; POGGIANI e MONTEIRO JÚNIOR, 1990; OLIVEIRA, 1997), baixas temperaturas (POGGIANI e MONTEIRO JÚNIOR, 1990) e disponibilidade de nutrientes (MORELLATO, 1992). Durigan et al. (1996) consideraram indiscutível o efeito do estresse hídrico em floresta ciliar onde o lençol freático é profundo, ressaltando que em áreas onde o lençol é superficial haveria evidências de que a sazonalidade da caducifolia seria determinada por outros fatores, além da disponibilidade de água no solo.

A produção total de serapilheira no período estudado em cada uma das formações foi de 11,3 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, 11,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ e 10,8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, para F1, F3 e F2, respectivamente. Não foi observada diferença significativa através do teste T de Bonferroni ($p < 0,05$) para o aporte de serapilheira entre as formações florestais. Resultados semelhantes foram encontrados por Vital et al. (2004), avaliando a produção de serapilheira em uma floresta semidecidual em zona ripária, com totais aportados em torno de 10,6 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

Em estudo de uma restinga na Ilha do Mel, Pires et al. (2006) observaram valores de aporte de serapilheira da ordem de 5,1 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, porém segundo Silva e Brites (2005), essa variação em ambientes de restinga, deve resultar da grande heterogeneidade ambiental, as quais apresentam distintas composições florísticas, estruturais e funcionais, conforme estejam estabelecidas sobre ou entre cordões litorâneos, além de fatores como o nível do lençol freático e da distância do oceano. Quanto às frações depositadas observa-se que a maior contribuição, para todas as formações, foi da fração folhas, as quais apresentaram percentuais de 71%, 67% e 64% para F2, F1 e F3 respectivamente.

Vários estudos demonstraram que um dos principais constituintes da serapilheira são as folhas, que podem contribuir em até 70%, ou mais do material adicionado (MORELLATO, 1992; FIGUEIREDO FILHO et al., 2003), o que evidencia a importância deste compartimento na devolução de nutrientes ao piso florestal. Apesar da importância das folhas, dentro dos diferentes compartimentos de uma mesma árvore, podem-se observar diferenças nas concentrações e conteúdos de nutrientes, de acordo com sua função bioquímica.

Esta fração foi seguida em menores proporções pelas frações galhos e material reprodutivo. Na Figura 2 encontram-se as porcentagens para cada fração nas formações estudadas.

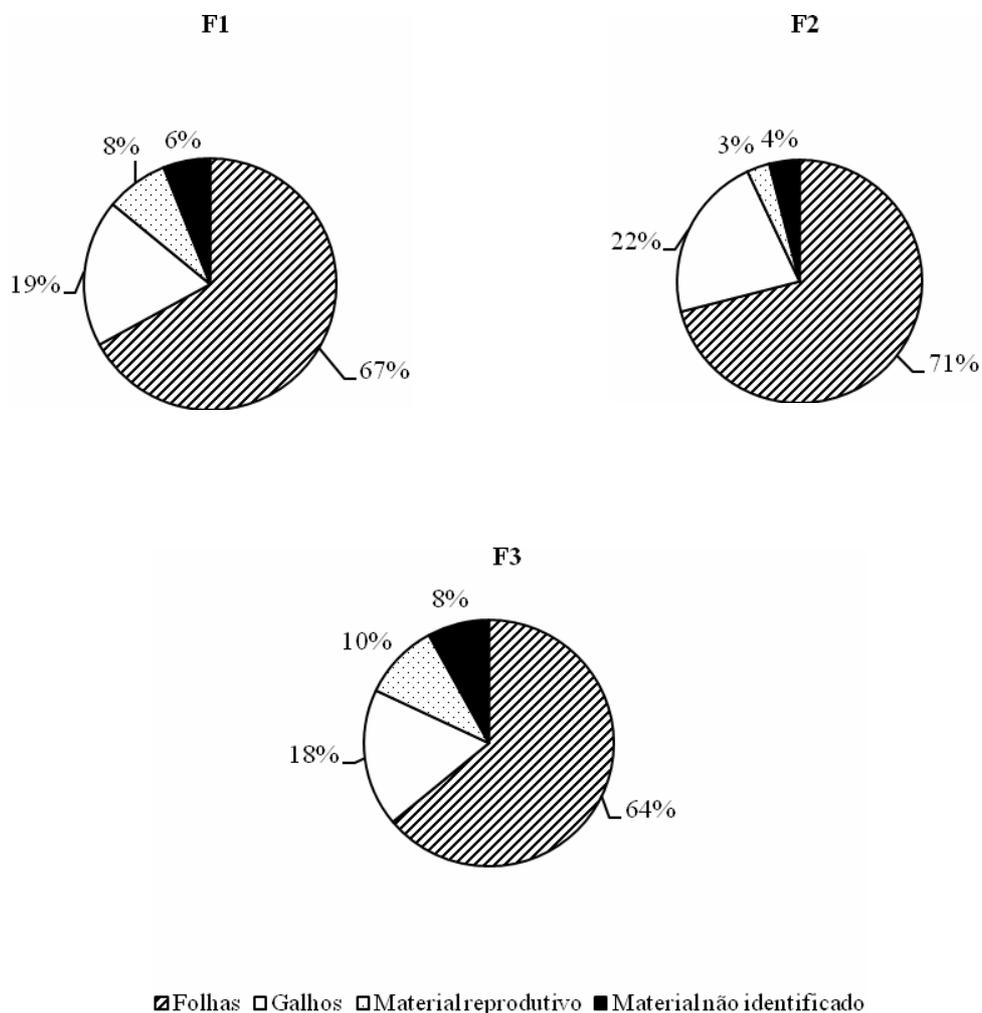


Figura 2 : Frações do material decíduo nas três formações florestais de restinga.

Para a fração folhas não foi verificada tendência de maiores valores na área F2. Essa diferença pode ter sido influenciada pelas características estruturais dessa floresta, pois a mesma apresenta um dossel mais fechado e uma formação vegetal mais densa em praticamente toda a sua extensão. Outra provável influência para o aporte observado nessa floresta, seria a relatada por Pires et al. (2006), que descreve a oligotrofia como um possível impacto que ocorre em áreas próximas ao mar, no qual as gemas das plantas teriam seu desenvolvimento comprometido devido a ação de areia e sal trazidos pelo vento, o que promoveria uma necessidade contínua de renovação das folhas.

Apesar de todas as três áreas estarem submetidas a estas condições, a formação F2 é a que está localizada mais próxima do mar. Para o material reprodutivo os maiores valores foram

verificados para as formações F1 e F3, que detém 8 e 10 % do total aportado, respectivamente e F2 apenas 3 %. Essa diferença pode ser atribuída ao maior número de indivíduos da espécie *Calophyllum brasiliense* Cambess., a qual nessas duas formações (F1 e F3) apresentam maiores IVI, quando comparados a F2. Essa espécie detém elevado potencial produtivo de sementes e com maior massa, apresentando um fruto de forma globosa, carnosa e de cor esverdeada, com diâmetro variando de 19 a 25 mm.

A fração galhos foi mais expressiva em F2 correspondendo a 22% do total aportado. A explicação para estes valores pode ser a mesma atribuída para a fração folhas. Nesta formação observa-se um dossel mais uniforme e denso, com maior número de galhos podendo desta forma contribuir para um maior aporte desta fração. Já a fração material não identificado, na qual são incluídas todas as partes vegetais não analisadas separadamente, inclusive animais, que podem por ventura cair nos coletores, tem uma ligeira diferença entre as formações F3 e F2. Essa variação pode ser devida à proporção de cascas encontradas nos coletores dispostos em F3, bem como resíduos orgânicos não identificáveis oriundos do alto do dossel. Como essa área possui menor densidade de espécies, tendo também um dossel mais aberto e mais suscetíveis as variáveis climatológicas, pode ser esse o motivo pelo qual observada essa diferença.

Pires et al. (2006), observaram a participação da fração folhas influenciando em 74,6% do total aportado, sendo seguidos pelas frações ramos (18,1%), órgãos reprodutivos (4,8%) e miscelâneas (2,5%). A distribuição dos percentuais encontrados nesse estudo está de acordo com os valores observados na literatura por diferentes autores trabalhando com formações florestais distintas (BRAY e GORHAM, 1964; EWEL, 1976; PERES et al., 1983; MARTINS e RODRIGUES, 1999), onde a fração foliar é a principal constituinte do total de biomassa produzida, sendo seguida pela fração galhos, estruturas reprodutivas e miscelânea (nesse trabalho caracterizou como a fração material não identificável).

3.2. Aporte de N, P e K.

Através da Figura 3, verifica-se que o N foi o elemento devolvido em maior quantidade nas diferentes formações. Valores de 130,8 kg ha⁻¹ ano⁻¹ em F3, seguidos por 129,7, kg ha⁻¹ ano⁻¹ em F2 e 128,5 kg ha⁻¹ em F1. Para o potássio foram quantificados valores de 43,6, 32,7 e 28,3 kg ha⁻¹ ano⁻¹, em F3, F2 e F1, respectivamente. Menores valores de deposição foram observados para o P com totais anuais de 11,7 kg ha⁻¹ em F1, 11,4 kg ha⁻¹ em F3 e 10,9 kg ha⁻¹ em F2.

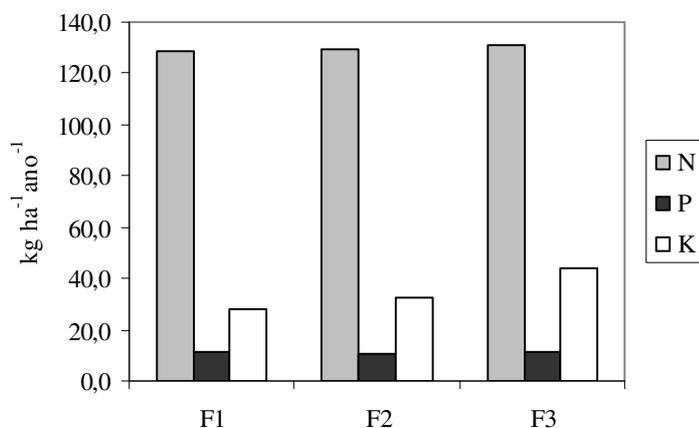


Figura 3: Conteúdo anual de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) devolvidos nas formações florestais de restinga, Ilha da Marambaia-RJ.

Não foram verificadas diferenças significativas pelo teste T de Bonferrone ($p < 0,05$) para o conteúdo de nutrientes nas diferentes formações florestais. Quanto o aporte mensal de nutrientes nas formações florestais, com exceção ao K, não foram verificadas diferenças significativas pelo teste T de Bonferrone ($p < 0,05$). Para o K (Figura 4) foi observada diferença significativa entre F3 e as demais áreas estudadas. Essa diferença pode ser atribuída a influência do lençol freático marinho, pois essa formação se encontra em uma depressão, o que possibilita uma maior contribuição de K para as espécies presentes. Nesta formação, no período seco o lençol freático fica bem próximo da superfície e sempre se encontra acima do solo nos períodos de maior precipitação (estação chuvosa).

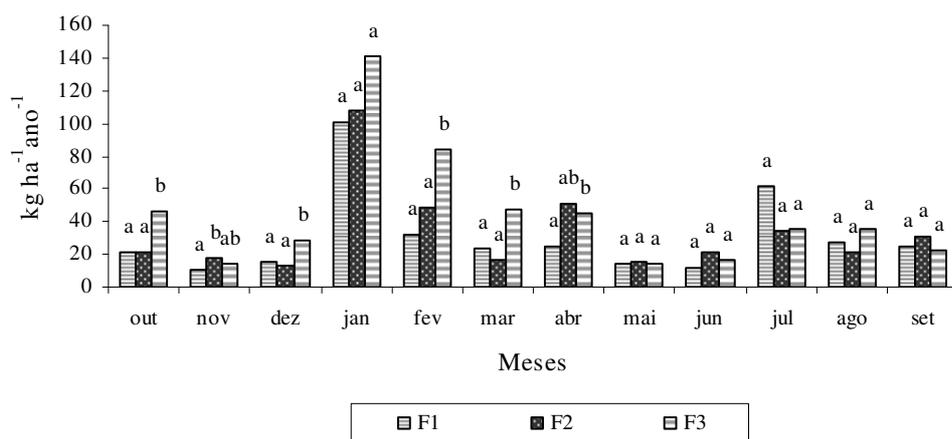


Figura 4: Conteúdo de potássio devolvido nas três formações florestais de restinga, Ilha da Marambaia-RJ. Letras diferentes indicam diferenças significativas pelo teste T de Bonferrone ($p < 0,05$).

Estudando a produção e conteúdo de nutrientes na serapilheira em duas florestas tropicais brasileiras, sendo uma delas caracterizada como floresta de restinga, Moraes et al. (1999) encontraram aportes para N, P e K de respectivamente, 28,0, 1,0 e 7 kg ha⁻¹ ano⁻¹.

3.3. Decomposição da Serapilheira

Na figura 5 são apresentados os valores de perda de massa da serapilheira foliar durante o período de avaliação. Foi observado em F2 a maior constante de decomposição (k), sendo decomposto 0,0032 g dia⁻¹ (P < 0,01; R² = 0,8917) da serapilheira. Seguidos respectivamente por F3 e F1, apresentando valores de k 0,0031 (P < 0,01 R² = 0,9592) e 0,0028 g dia⁻¹ (P < 0,01; R² = 0,9643). Para o T^{1/2} verifica-se que o material de F1 se mostrou mais resistente quanto à decomposição, apresentando um T^{1/2} maior, em torno de 247 dias. Para F2 foi verificado um tempo menor de 217 dias e em F3 de 223 dias para que seja decomposta metade da serapilheira foliar.

Em uma floresta de sucessão secundária espontânea, Fernandez et al. (2006) encontraram valores da constante de decomposição (k) em torno de 0,00194 g g⁻¹ dia e sendo necessários 357 dias para o desaparecimento de metade desse material. Vital et al. (2004) em seu estudo observaram que eram necessários 150 dias para que ocorresse a decomposição de 50% da serapilheira e 639 dias para que houvesse o desaparecimento de 95% desse material.

Foi observado em F2 que a decomposição ocorreu de forma mais rápida no primeiro mês, onde 16,9% do material foliar foi decomposto. Esse comportamento não foi observado nas outras formações, sendo que F3 apresentou 9,5% e F1 somente 8,8% de decomposição no primeiro mês de avaliação. A rápida decomposição que ocorreu no primeiro mês, principalmente na formação F2, pode ser atribuída por neste período o material estar mais palatável aos detritívoros (SWIFT et al., 1979). Já em FF1 e FF3 esse comportamento não foi observado com grande expressão.

As constantes de decomposição se correlacionaram significativamente com a precipitação para todas as áreas, com níveis de significância para F1 (0,57; P < 0,01), F2 (0,54; P < 0,01) e F3 (0,75; P < 0,01).

A curva que representa a decomposição é do tipo exponencial, seguindo os valores da velocidade de decomposição (K), fornecido pelo programa SIGMAPLOT, onde verificou-se que decorridos 150 dias, para todas as formações, a decomposição da serapilheira não ultrapassou os 40% da quantidade inicialmente condicionada nos *litter bags*. Supõe-se que nessas formações a decomposição seja mais lenta, principalmente devido à qualidade química do material, como estruturas mais resistentes e compostos mais estáveis e de difícil decomposição como lignina e outros compostos fenólicos (SWIFT et al., 1979) e as condições de anaerobiose pelas quais são submetidas essas formações. Este comportamento pode ser uma estratégia, adotada por esse ecossistema para maximizar o aproveitamento na absorção dos nutrientes e diminuir a perda dos mesmos por lixiviação.

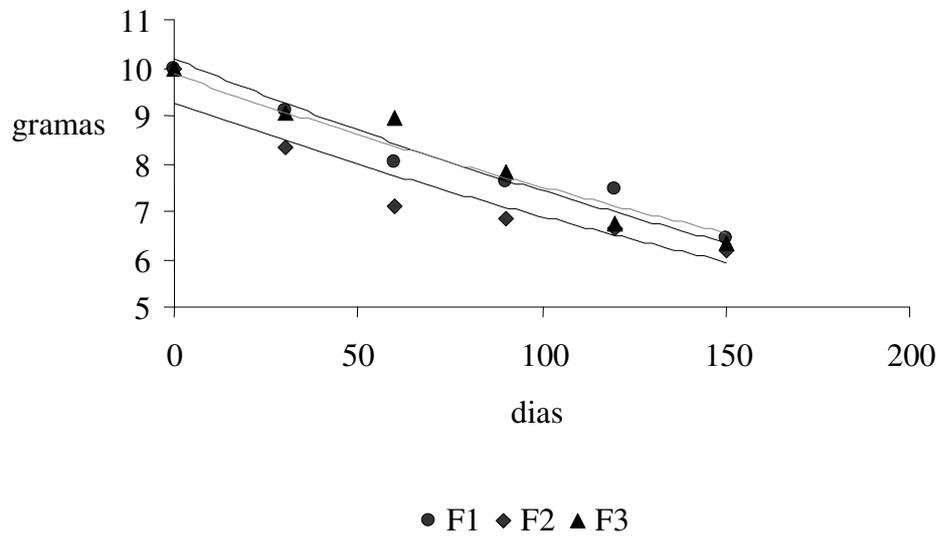


Figura 5: Decomposição de folhas da serapilheira de formações florestais (F) de restinga

4. CONCLUSÃO

Os maiores valores de deposição de serapilheira na restinga da Marambaia-RJ ocorreram durante a estação chuvosa (janeiro e fevereiro) e as menores deposições nos meses de maio e junho, caracterizado pela estação seca.

A fração folhas é o componente mais representativo, na serapilheira da restinga da Marambaia-RJ atingindo maior percentual médio em F2 (71%).

O N foi o nutriente com maiores valores de aporte nas folhas em todas as áreas de estudo. Foi observada uma baixa taxa de decomposição da serapilheira, sendo verificada correlação entre a decomposição e a precipitação.

CAPÍTULO II

PROPRIEDADES QUÍMICAS E FRACIONAMENTO DA MATERIA ORGÂNICA EM COMPLEXO FLORESTAL PERIODICAMENTE INUNDADO NA ILHA DA MARAMBAIA - RJ.

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo a avaliação da fertilidade natural, bem como a caracterização química da matéria orgânica, dos solos sob duas formações florestais periodicamente inundados (F1 e F2) na ilha da Marambaia, RJ. Essas formações apresentam diferenças quanto ao grau de saturação hídrica de solo causada pela influência do lençol freático, sendo que em F1 o lençol apresentou menor profundidade média e em F2 maior profundidade média. Foram observados diferenças estatísticas, entre as formações, para os valores de pH, sendo maiores em F1, Mg, P, N e Valor V%, onde ambos foram mais elevados na formação F2. Foi observado uma tendência de decréscimo dos teores dos elementos químicos e substâncias húmicas em profundidade e correlação entre os teores de Mg, N, ácido húmico e ácido fúlvico em F1 com o lençol freático e, em F2 se correlacionaram com o lençol os elementos Na e K. A fração humina foi a mais representativa do carbono orgânico total, seguido por ácido húmico e ácido fúlvico, respectivamente. Os teores de carbono orgânico total foram maiores em F1 nas profundidades de 0-5 e 10-20 cm e, em F2 na profundidade de 5-10cm. A relação C/N foi menor em F2, com valores variando entre 9 e 12 e, em F1 foram verificados maiores valores dessa relação, variando de 9 a 15. A formação F1 tendeu a se agrupar, sendo as variáveis, pH, K e ácido fúlvico as que diferenciaram essa formação.

Palavras-chave: Substâncias húmicas; Macronutrientes; Saturação hídrica; Restinga.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the natural fertility and chemical characterization of organic matter in soils of two forest formations periodically flooded (F1, F2), on the island of Marambaia, RJ. These formations differ in the degree of saturation of soil caused by the influence of groundwater, where F1 showed lower average depth of water and F2 deeper average. The statistical differences were observed between training for the values of pH, being higher in F1 and Mg, P, N and V% were larger in F2. There is a trend of decrease in the levels of the chemical elements and humic substances in depth and correlation between the levels of Mg, N, humic and fulvic acids in the influence of groundwater with F1, and F2 are correlated with the element K. The humin fraction was most representative of the total organic carbon, followed by fulvic and humic acids, respectively. The levels of total organic carbon were higher in F1 at depths of 0-5 and 10-20 cm, and F2 in the depth of 5-10cm. The C / N was lower in F2, with values ranging between 9 and 12, and F1 were recorded higher values of this relationship, ranging from 9 to 15. Training F1 tends to group together and values pH, K and fulvic acid which differentiated this training.

Key words: Humic substances; Macronutrientes; Saturation hídrica; Sandbank

1. INTRODUÇÃO

Os ecossistemas de restinga se caracterizam pela presença de solos de textura arenosa e, geralmente, pobres em matéria orgânica, tendo baixa capacidade de reter água e nutrientes, essenciais à manutenção dos componentes biológicos do sistema. A vegetação é adaptada as condições de baixa umidade e disponibilidade de nutrientes, apresentando muitas vezes características xeromórficas. Diferente do que ocorre na maioria dos ecossistemas terrestres, na restinga o solo não constitui a principal fonte de nutrientes. Dada a proximidade do mar, essa fonte é a maresia presente na atmosfera (ARAÚJO e LACERDA, 1987; LEÃO e DOMINGUEZ, 2000).

Os solos sob restinga englobam aqueles classificados como Podzóis (Espodosolos) e Areias Quartzosas Marinhas (Neossolos Quartzarênicos) (BRASIL, 1981). Os Espodosolos são solos minerais, com seqüência de horizontes A-E-Bh e/ou Bs ou Bhs-C. São, na grande maioria, arenosos, sendo raras as citações de outras classes texturais. Quimicamente, são ácidos e muito pobres, com a soma de bases raramente ultrapassando 1 cmolc kg^{-1} , mesmo na camada superficial. As Areias Quartzosas Marinhas (Neossolos Quartzarênicos) são solos minerais de seqüência de horizontes A-C, sendo a principal diferença a ausência de horizonte espódico (OLIVEIRA et al., 1992).

Dentre as diversas formações vegetais presentes na restinga, as denominadas florestas periodicamente inundadas possuem uma dinâmica natural influenciada principalmente pelos rebaixamentos e elevações do lençol freático que tem origem marinha. Devido as condições de alagamento ocorre um grande acúmulo de material orgânico já que essas condições de anaerobiose impostas pela ação do lençol freático retardam a velocidade de decomposição da serapilheira. Sendo as taxas de decomposição também influenciadas pela qualidade da serapilheira depositada, a qual tem maior expressão as de estruturas de difícil degradação, como folhas de textura coreacea e pela atividade dos detritívoros, cuja distribuição é influenciada pelas condições de umidade do solo.

Os solos sob essas formações, embora ainda não classificados na restinga da Marambaia, apresentam um grande acúmulo de matéria orgânica na camada superficial e elevados teores de carbono orgânico, sendo essa camada variável a medida que muda o gradiente topográfico, tendo nas partes mais altas uma manta orgânica com espessura média de 20 cm e nas áreas de menor topografia, uma camada que pode ultrapassar os 40 cm de espessura. Dessa forma tomou-se por base para comparações os solos com elevados teores de matéria orgânica, os quais se enquadram na ordem dos Organossolos.

No Brasil, vários estudos têm ressaltado a importância da matéria orgânica do solo (MOS) em melhorar e manter as propriedades físicas, químicas e biológicas de diversos tipos de solo (RAIJ, 1969; MORAIS et al., 1976; IGUE et al., 1984; PEREIRA e PERES, 1987).

A composição química dos solos orgânicos é influenciada diretamente pela porção mineral, pela natureza do material orgânico, pelo grau de decomposição da matéria orgânica e pela composição química da água de formação, o que contribui para que ocorra uma ampla variação na composição mineral desses solos entre si e entre os horizontes de um mesmo solo (ANDRIESSE, 1988; GALVÃO e VAHL, 1996).

Cerca de 95% do nitrogênio (N) do solo está na forma orgânica, indisponível para os vegetais até que ocorra sua mineralização. Dessa forma a MOS é a mais importante fonte de N para as espécies vegetais. Entretanto, a dinâmica do N e da MOS no ambiente alagado é diferente daquela ocorrente no ambiente drenado. Nos solos alagados a entrada da água faz com que ocorram alterações de ordem física, química e biológica, as quais afetam o ciclo do N, bem como a dinâmica de decomposição da MOS. Sabe-se que a decomposição da MOS em solos alagados é mais lenta do que em solos drenados. Isso ocorre pelo fato de existir um menor e menos eficiente grupo de bactérias que realizam essa função, o que promove um acúmulo de MOS.

As substâncias húmicas compreendem os ácidos húmicos e os ácidos fúlvicos (porção solúvel em meio alcalino, de maior reatividade e maior polaridade.) e as huminas. Os ácidos fúlvicos são compostos de maior solubilidade por apresentar maior polaridade e menor tamanho molecular; são os principais responsáveis por mecanismos de transporte de cátions no solo. Os ácidos húmicos apresentam pouca solubilidade na acidez normalmente encontrada em solos tropicais, responsáveis pela maior parte da CTC (capacidade de troca catiônica) de origem orgânica em camadas superficiais. A humina, apesar de apresentar baixa reatividade, é responsável pela agregação das partículas e, na maioria dos solos tropicais, representa boa parte do Carbono humificado do solo (BENITES et al., 2003).

Estudos que busquem o entendimento da dinâmica da matéria orgânica, bem como sua relação com as propriedades químicas dos solos em florestas periodicamente inundadas de restinga são de grande importância, haja vista a escassez de informações sobre tema. Adicionalmente esses ambientes se constituem em grandes depósitos de carbono, principalmente devido à relação: elevada deposição de serapilheira e baixas velocidades de decomposição, sendo atualmente bastante relevantes no que diz respeito às mudanças climáticas globais.

Dessa forma os objetivos desse estudo são a caracterização das propriedades químicas, teores de carbono orgânico e nitrogênio, bem como o fracionamento da matéria orgânica em duas formações florestais periodicamente inundadas na restinga da Marambaia, RJ.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Amostragem da Área e Aferimento da Profundidade do Lençol Freático

A coleta das amostras de terra foi realizada nas formações F1 e F2, porém não foi realizada a coleta na formação F3 devido ao maior grau de alagamento da área, o que impossibilitou a retirada de quantidades representativas de solo.

As coletas de solo foram realizadas percorrendo as formações F1 e F2. A área de cada formação foi dividida em três subáreas (Ai - Bi; Aii - Bii; Aiii - Biii, onde A e B são referentes as formações F1 e F2, respectivamente), onde se adotou o grau de inundação do solo como critério de separação. Cada subárea foi determinada, tomando como referência a trilha de acesso, onde a primeira subárea compreende a distância de 25 m (lençol freático não aparente), a segunda a 25 a 50 m (lençol freático aparente, em 50% da área) e a terceira 50 a 75m (lençol freático aparente em mais de 50% da área), em linha reta do final da trilha (início da primeira parcela) até o final da última parcela.

Devido às características do solo, o qual apresenta elevada quantidade de matéria orgânica e grande número de raízes, optou-se pela utilização de um cano de ferro com um metro de comprimento, 5 cm de diâmetro e um friso que vai até a profundidade de 30 cm, para facilitar a retirada do solo.

Foram coletadas três amostras compostas por área, sendo uma por subárea. Cada amostra composta foi formada por dez amostras simples, as quais foram retiradas percorrendo as subáreas de cada formação e, dessa forma teria três amostras compostas por formação florestal. As profundidades de coleta foram: 0 – 5; 5 – 10 e 10 – 20 cm. A coleta de três amostras compostas por formação foi julgada suficiente devido a homogeneidade dentro de cada área.

A avaliação da profundidade do lençol freático foi realizada nos mesmos pontos utilizados para a coleta das amostras de solo, sendo dessa forma aferidos ao longo de cada subárea 10 profundidades, totalizando 30 aferições do lençol dentro de cada formação florestal.

2.2. Análises Químicas

a - pH em água, Ca^{+2} + Mg^{+2} , Al^{+3} , K^{+1} , H^{+} + Al^{+3} , P assimilável

Para a determinação foram utilizados os métodos preconizados em Embrapa (1997).

b - Quantificação do nitrogênio, carbono orgânico total e grau de decomposição da matéria orgânica

As amostras foram submetidas à digestão sulfúrica sendo o nitrogênio determinado em destilador por arraste de vapor com posterior titulação com ácido sulfúrico, segundo Embrapa (1997). Em função do alto teor de matéria orgânica que as amostras apresentavam se optou pelo uso de menor quantidade de solo (0,1 gramas). Para a determinação do carbono orgânico total nesses solos, utilizou-se o método sugerido por Yeomans e Bremner (1988), com pesagem de 0,025 gramas de amostra de solo. Nessa técnica utilizou-se solução de dicromato de potássio

0,1667 mol L⁻¹, com aquecimento em bloco digestor a 170° C por 30 minutos. Através de sua utilização é provável que maior quantidade de material orgânico possa ser oxidado.

O grau de decomposição da matéria orgânica foi classificado pelo método de Von Post, onde, basicamente, se avalia a presença, quantidade e coloração da água expulsa (material que escapa entre os dedos), o conteúdo e as dimensões das fibras vegetais (Embrapa, 2006). As amostras foram classificadas em diferentes sub graus de humificação, que se enquadram em três classes, sendo elas: fíbricos, hêmicos e sápricos. Dentro desse conceito, os materiais fíbricos representam aqueles com maior conteúdo de fibras vegetais e por conseguinte um menor grau de humificação. Já os classificados como hêmicos estão num processo intermediário de humificação e os sápricos em processo final de humificação, onde praticamente não se distinguem resíduos vegetais.

c - Fracionamento químico da matéria orgânica

As substâncias húmicas (ácidos húmicos “AH”, ácidos fúlvicos “AF” e humina “HUM”) foram identificadas segundo técnica de solubilidade diferencial estabelecida pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas (SWIFT, 1996; MACHADO, 1999), conforme técnica adaptada e apresentada por Benites et al. (2003).

Pesou-se uma massa de solo igual a 0,5 g, submetendo-se ao contato com 20 ml de NaOH 0,1 mol L⁻¹ por 24 horas. A separação entre o extrato alcalino (extrato alcalino “EA” = AF + AH) e o resíduo foi feita por centrifugação a 5000 g por 30 minutos. Seguiu-se mais uma lavagem com a mesma solução anterior, juntando-se o extrato com o anteriormente obtido, resultando em volume final de aproximadamente 40 ml. O resíduo foi retirado dos tubos da centrífuga, acondicionados em placa de Petri e secos a 65 °C (secagem completa). O pH do extrato alcalino (EA) foi ajustado a 1,0 (±0,1) com H₂SO₄ 20%, seguido de decantação por 18 horas em geladeira. O precipitado (FAH) foi separado da fração solúvel (FAF) por filtragem e ambos os volumes aferidos a 50 ml, com água destilada.

A quantificação do carbono orgânico nas frações AF e AH foi feita usando-se alíquotas de 5,0 ml de extrato, 1,0 ml de dicromato de potássio 0,042 mol L⁻¹ e 5,0 ml de H₂SO₄ concentrado, em bloco digestor a 150 °C (30 min) e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,0125 mol L⁻¹. No resíduo seco em estufa, foi determinado o carbono orgânico na humina (HUM), e adicionando 5,0 ml de dicromato de potássio 0,1667 mol L⁻¹ e 10,0 ml de H₂SO₄ concentrado, em bloco digestor a 150 °C (30 min) e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,25 mol L⁻¹ e indicador ferroin (YEOMANS e BREMNER, 1988).

Foram quantificados os teores de carbono orgânico na fração ácidos fúlvicos (C-AF), fração ácidos húmicos (C-AH) e humina (C-HUM). Foram calculadas as relações C-AH / C-AF, a relação entre C-AH + C-AF (C-EA) / C-HUM (BENITES et al., 2003), bem como a relação C-AH + C-AF + C-HUM / COT.

2.3. Análise Estatística dos Dados

Para verificar a existência de diferenças entre as propriedades edáficas nas duas formações florestais estudadas foi utilizado o teste de Wilcoxon a 5 % de significância e o teste de Kruskal – Wallis a 5 % de significância para verificar se há diferença entre os valores das

propriedades nas três diferentes profundidades, além da correlação de Pearson a 5 e 1 % de significância, a fim de verificar a influência do lençol freático nos teores desses elementos.

Com o objetivo de buscar quais as variáveis edáficas que estão mais associadas a cada formações florestal em estudo e desta forma diferenciá-las, lançou mão da análise de componentes principais (ACP), onde foi utilizado para as variáveis selecionadas a profundidade e áreas, obtendo-se os parâmetros que apresentaram valores de correlação maiores que 0,6 entre si. Os dados de entrada nestas análises foram padronizados obtendo-se média igual a zero e variância 1,0 (REGAZZI, 2000). Para realização da ACP utilizou-se o programa XL Stat, visando principalmente o agrupamento das áreas analisadas em função das propriedades edáficas do solo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Testes Estatísticos Utilizados

Devido a não homogeneidade da variância detectada pelo teste de Cochran e Bartlett, não foi possível o uso de testes estatísticos paramétricos, sendo então utilizados a análise não – paramétrica através do teste de Wilcoxon a 5 % de significância.

Foi observado que existe diferença estatística pelo teste citado acima entre as áreas quanto a influência do lençol freático, onde em F1 este se encontra mais próximo da superfície e em F2 está a maiores profundidades. Sendo também observada diferença estatística entre as profundidades do lençol dentro de cada subárea. Não foi verificado diferença estatística entre as propriedades edáficas nas diferentes profundidades de coleta do solo pelo teste de Kruskal – Wallis a 5 % de significância.

3.2. Propriedades Químicas

São apresentados na tabela 1 os valores médios referentes às análises de fertilidade das duas formações vegetais estudadas. Observa-se que os valores de pH são baixos nas duas formações. Porém verifica-se em F2 valores de pH mais baixos quando comparados a F1, com variações de 3,89 (camada de 0-5 cm) a 4,10 (10-20 cm) e 4,10 (0-5 cm) a 4,42 (10-20 cm) em F1, sendo observado diferença estatística, pelo teste de Wilcoxon a 5 % de significância, entre essas duas formações florestais. O fato de a área F2 apresentar pH mais baixo, pode ser atribuído aos maiores valores de H + Al nessa formação que, embora não tenha sido observado diferença estatística entre as formações, poderia estar atuando na diminuição dos valores de pH em F2. Pode-se observar que, tanto em F1 quanto em F2, os valores de pH aumentam em profundidade podendo ser um reflexo da diminuição dos valores de H + Al.

Trabalhando com Organossolos no RS e SC, Galvão e Vahl (1996) e Couto (1984), trabalhando com solos dessa mesma ordem no oeste da Bahia, encontraram para a maioria das amostras de solo valores superiores a $15 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, sendo que Galvão e Vahl (1996) encontraram em um Organossolo em Viamão e outro em Araranguá valores de acidez potencial superiores a $100 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Nesse estudo foram verificados valores condizentes aos encontrados pelos autores para a acidez potencial, sendo o maior valor observado em F2 ($63,4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e o menor em F1 ($29,8 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$).

Tabela 1 – Teores médios dos elementos químicos avaliados nas duas formações em estudo¹.

Teores médios dos elementos químicos avaliados / Formações Florestais estudadas											
Profundidade	pH	H+Al	Al	Ca	Mg	K	Na	P	Valor S	Valor T	Valor V
	----	-----cmol _c Kg ⁻¹ -----						mg Kg ⁻¹	----	cmol _c Kg ⁻¹ ----	%
F1											
0 – 5 cm	4,10a	60,5	2,98	0,65	2,26a	0,35	0,65	27,50a	3,92	64,42	6,08a
5 – 10 cm	4,28a	58,4	2,33	0,68	0,94a	0,18	0,45	14,30a	2,25	60,65	3,70a
10 – 20 cm	4,42a	29,8	0,73	0,12	0,45a	0,05	0,18	9,02a	0,80	30,60	2,60a
F2											
0 – 5 cm	3,89b	63,4	2,35	0,55	3,37b	0,42	0,52	51,08b	4,86	68,25	7,11b
5 – 10 cm	3,99b	56,4	2,13	0,81	1,13b	0,28	0,47	32,83b	2,70	59,10	4,56b
10 – 20 cm	4,10b	42,8	1,85	0,58	1,25b	0,28	0,57	25,68b	2,68	45,48	5,89b

¹ Valores médios de três repetições. Letras distintas na coluna indicam diferenças estatísticas pelo teste de Wilcoxon a 5% de significância. Colunas sem letras, não apresentaram diferenças.

Os teores de alumínio nas duas formações foram elevados, variando do maior 2,98 cmol_c kg⁻¹ em F1 e 2,35 cmol_c kg⁻¹ em F2. Foi observada correlação positiva entre alumínio e carbono total em F1 (0,96, $p < 0,05$), e com pH (0,60; $p < 0,05$) porém em F2 verificou-se menor valor de correlação (0,39, $p < 0,05$) com o carbono orgânico e não apresentando correlação com o pH. Em F2 apesar de ser verificado baixa correlação entre os teores de alumínio e não para o pH, verifica-se que o pH aumenta em profundidade, podendo ser um reflexo da diminuição dos teores de alumínio, bem como ao acúmulo de Ca e Mg.

Segundo Valladares (2003) a elevada acidez dos horizontes hísticos, seja pelo elevados teores de ácidos orgânicos ou pelo tiomorfismo, pode causar superestimativa nos teores de Al trocável, onde o autor comenta que são necessárias pesquisas que testem a eficiência da determinação do Al trocável pelos métodos padrões da Embrapa (1979 e 1997) para amostras com elevados teores de matéria orgânica.

Os teores de Ca foram um pouco mais elevados na camada de 5-10 cm nas duas formações e não apresentaram diferenças estatísticas entre elas, sendo mais baixos que os teores de Mg nas três profundidades analisadas e formações. Foi encontrado diferença estatística e significativa para os teores de Mg nas formações, apresentando-se maiores em F2 nas três profundidades. Elevados teores de Mg e Na podem indicar a presença de salinidade, como menciona Valladares (2003). Sendo verificados no presente estudo teores relativamente altos para esses dois elementos nas duas formações, porém não sendo verificada diferença estatística para o Na pelo teste de Wilcoxon a 5 % de significância. Em F2 os teores de Na se correlacionaram negativamente com a profundidade do lençol freático (- 0,97; $p < 0,05$), mostrando que os maiores valores de desse elemento se encontram nas regiões onde o lençol estava mais próximo a superfície.

Os teores de Mg nas duas formações em estudo tendem a ser maior nas regiões onde se tem menor influência do lençol freático, sendo que em F1 foi observada correlação positiva (0,76; $p < 0,01$). Apesar de se ter a influência do lençol trazendo Na e Mg, nota-se que para o Mg este, provavelmente, atuaria também na sua perda, através do processo de lixiviação.

Os teores de potássio foram, no geral, baixos e não diferindo entre as áreas, sendo maiores em F2 (0,42 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) e condizentes com os encontrados em Organossolos, onde os valores de K raramente situam-se acima de 1,0 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ (GALVÃO e VAHL, 1996). Observou-se correlação negativa entre os teores de K e a profundidade do lençol freático (-0,93; $p < 0,01$), indicando que os maiores valores desse elemento esta nas regiões onde o lençol está mais próximo a superfície.

No trabalho citado acima os teores de Na foram baixos. Segundo Galvão e Vahl (1996), citado por Valladares (2003) apesar de alta CTC dos solos orgânicos devidos aos altos teores de matéria orgânica, sua capacidade de reter cátions monovalentes é baixa, justificando os baixos teores dos elementos K e Na nesses solos. Exceções podem ocorrer, segundo o autor, em solos da planície litorânea sujeitos a inundações como é o caso dos solos do presente estudo, onde se tem a influência de águas marinhas, sendo observado teores de Na elevados. Nas formações os valores de saturação por sódio foram superiores a 4 %, chegando até 8 % em F2. Porém os teores de K foram baixos, podendo ser reflexo da baixa capacidade de retenção de cátions monovalentes dos solos orgânicos e pela própria lixiviação, ocasionada pela elevação e rebaixamento do lençol freático.

Os trabalhos de Galvão e Vahl (1996) e Mendonça (1999), mostraram a elevada CTC dos Organossolos, tendo a maioria das amostras valores superiores a 30 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, sendo observados valores de até 198,87 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$. No presente estudo foram encontrados valores para CTC inferiores aos observados pelos autores supracitados, sendo na camada de 0-5 cm verificados os maiores valores, onde esses variaram entre 9,9 e 11,2 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ em F1 e F2, respectivamente. Esses autores também identificaram o predomínio de elementos ácidos no complexo sortivo desses solos, como hidrogênio, resultando em saturação por bases geralmente inferiores a 50%, o que caracteriza a grande maioria desses solos como distróficos. Nesse estudo os valores tanto da soma de bases como o V% foram condizentes aos descritos pelos autores acima, apresentando valores para a saturação por bases (V%) inferiores a 50%, sendo sempre maiores na camada superficial e diferentes estatisticamente pelo teste de Wilcoxon a 5 % de significância, onde em F2 foram encontrados maiores valores (7,11%).

Os maiores valores de V% em F2, tem como causa o somatório de bases (Valor S), que nessa formação foi mais elevado. Para a soma de bases, Valladares (2003) verificou valores médios da ordem de 13,1 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, sendo que no presente estudo observou-se valores médios menores, sendo mais elevados na camada de 0-5 cm, variando de 3,92 e 4,86 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ em F1 e F2, respectivamente. Outro fato observado é que as maiores contribuições para esse somatório são atribuídos aos teores de Na e Mg, indicando a presença de salinidade nesses solos (VALLADARES, 2003).

3.3. Teores de Carbono, Nitrogênio e Grau de Decomposição da Matéria Orgânica

Os teores de carbono orgânico total (COT), referentes as médias das três amostras compostas, em cada profundidade de coleta, nas formações em estudo foram elevados, demonstrando o caráter orgânico desses solos (COT > 80 g kg^{-1}). Sendo esses valores,

principalmente, atribuídos ao grande acúmulo de serapilheira depositada ao longo do tempo, aliado as suas baixas velocidades de decomposição, bem como a qualidade orgânica - estrutural dessa serapilheira, a qual, nas duas formações, apresenta folhas com textura coreáceas.

As duas formações apresentaram comportamentos diferenciados quanto ao teor de COT em profundidade, onde em F1 verificou-se pequena diminuição do COT em profundidade e F2 maiores valores na profundidade de 5 – 10 cm, porém também decrescendo em profundidade. Os teores observados de carbono orgânico total em F2 foram, em média, maiores que os apresentados em F1. Porém não foi verificado diferença estatística para os valores de COT entre as formações.

Em F1, em função do lençol freático apresentar-se mais próximo da superfície (Figura 1) ocorre condições de anaerobiose e com isso uma menor decomposição da matéria orgânica. Em contrapartida F2 o lençol apresenta-se a maiores profundidades (geralmente > 20 cm), possibilitando melhores condições de aerobiose e, por conseguinte maior disponibilidade oxigênio, sendo a matéria orgânica mais rapidamente decomposta.

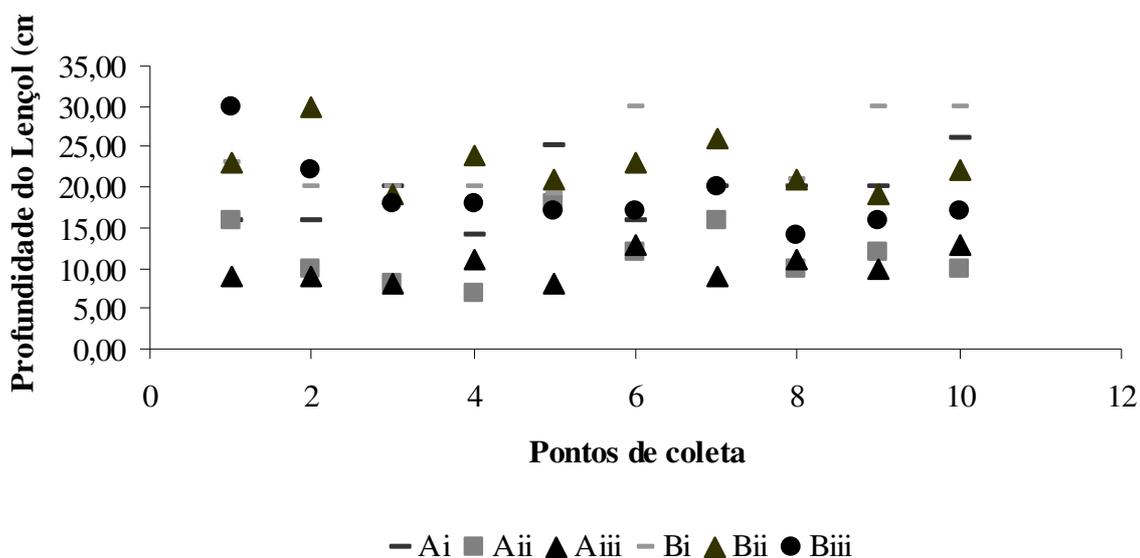


Figura 1 - Variações do lençol freático nas duas formações florestais estudadas. Onde: Ai, Aii e Aiii, correspondem os sítios de coletas na Formações Florestal 1 e Bi, Bii e Biii os sítios de coleta na Formações Florestal 2.

Geralmente, são atribuídos as formações de turfas ou solos e horizontes orgânicos, principalmente, as características climáticas, a umidade, o pH e qualidade nutricional (GARCIA, 1996). Como é observado em regiões de clima temperado e boreal os horizontes orgânicos são formados, na maior parte das vezes, pelas baixas temperaturas e precipitações abundantes bem distribuídas. A ocorrência desses horizontes orgânicos nas regiões tropicais fica mais restrita a ambientes com climas montanos e submontanos, localizados nas regiões de altitude mais elevada, onde as baixas temperaturas ou elevada acidez e toxidez por alumínio, que diminui a atividade

microbiológica, favorecem o acúmulo de material orgânico. Além das regiões entre cordão litorâneo com influência marinha, nas várzeas das planícies de inundação fluvial e nos meambros abandonados (paleovales), sujeitos a inundações constantes e com más condições de drenagem (VALLADARES, 2003).

Os teores de nitrogênio (Tabela 2) foram maiores na camada superficial (37,2 e 40,3 g kg⁻¹, em F1 e F2, respectivamente) e apresentaram diferença estatística, pelo teste de Wilcoxon a 5% de significância, entre as áreas e com tendência de decréscimo em profundidade à medida que essa aumenta, porém em F1 houve um pequeno aumento de N na camada de 10-20 cm. Não foi verificada correlação entre os teores de N e o COT, porém foi verificada correlação entre os teores de N e a altura do lençol freático na formação F1 (0,61; p < 0,05), mostrando que os menores teores são encontrados nas regiões de maior influência do lençol freático, ou seja, onde este se encontra mais elevado.

A diferença entre as áreas quanto aos teores de N também pode estar relacionado com a maior lixiviação desse elemento, devido a formação F1 estar mais influenciada pelo lençol freático e não pela qualidade do material que esta sendo aportado, pois não foi verificado diferença estatística nos aportes de N através da serapilheira entre as formações F1 e F2.

Tabela 2 - Teores médios de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio (N) e relação C/N em solos sob dois fragmentos florestais e três diferentes profundidades¹

Profundidade	Teores médios dos elementos analisados / Formações Florestais		
	Formação Florestal 1		
	Nitrogênio (g Kg ⁻¹)	Carbono orgânico total (g Kg ⁻¹)	Relação C/N
0-5 cm	37,17a	346,21	9,94a
5-10cm	22,68a	346,12	13,35a
10-20cm	24,57a	327,09	13,58a
Formação Florestal 2			
0-5 cm	40,32b	333,99	8,83b
5-10cm	37,17b	376,38	10,21b
10-20cm	26,46b	313,45	12,06b

¹ Média de três repetições. Letras diferentes na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Wilcoxon a 5% de significância. Colunas sem letras, não apresentaram diferenças.

A relação C/N (carbono / nitrogênio) variou de 8,83 e 12,06 em F2. Em F1 essa relação apresenta valores maiores, onde apenas na camada superficial do solo verificaram-se valores entre a faixa de 8 a 12 (9,94), que pode ser considerada uma faixa geralmente encontrada em material orgânico humificado. Para as outras duas profundidades de F1 os valores foram superiores a 13, demonstrando menor grau de humificação. Os valores observados provavelmente se devem ao lençol freático que tem maior influência nessa formação, dificultando as atividades microbiológicas e, com isso, o processo de humificação da matéria orgânica.

Valladares (2003) relata que os valores da relação C/N variaram, para horizontes hísticos, de 5 a 99, com média de 19,9, portanto superiores aos encontrados nesse estudo. O mesmo autor encontrou correlação negativa (r = - 0,56) e significativa a 1% entre os valores da relação C/N e o pH em água, mencionando que quanto mais ácido for o solo maior tenderá ser essa relação. No presente estudo não foi verificado essa relação, porém observa-se que os valores dessa relação

aumentam com a profundidade, podendo ser atribuído a maior influência do lençol freático, que dificulta o processo de decomposição da matéria orgânica.

Nos Quadros 3 e 4 estão apresentados os graus de humificação da matéria orgânica, de acordo com a escala de Von Post. As amostras de solo retiradas de cada formação, as quais foram utilizadas para avaliação do grau de humificação da matéria orgânica, correspondem às amostras compostas retiradas para realização da análise de fertilidade. Como ressaltado anteriormente F1 apresentou uma profundidade média do lençol freático menor, ou seja, estando mais próximo a superfície, em contrapartida F2 estava em maior profundidade.

Dessa forma estaria ocorrendo processos de decomposição distintos, porém observa-se uma tendência de aceleração no processo de humificação em profundidade, padrão observado nas duas áreas na camada de 10 a 20 cm de profundidade. Esses valores contradizem com os apresentados pela relação C/N, a qual indica que está havendo um menor grau de humificação em profundidade. Garcia (1996), citado por Valladares (2003), destaca que a limitação da aplicação desse método para baixas altitudes nas regiões tropicais é que há um considerável teor de fibras resistentes que fornecem a falsa impressão de uma turfa fibrosa no estágio inicial de decomposição. Portanto a utilização desse método para essas formações pode levar a resultados imprecisos.

Tabela 3 - Grau de humificação da matéria orgânica em F1 nas três profundidades em estudo, segundo a escala de Von Post.

Repetições	0 – 5 cm	5 – 10 cm	10 – 20 cm
1	Muito fracamente decomposta / fíbrico	Muito fracamente decomposta / fíbrico	Fracamente decomposta / fíbrico
2	Fracamente decomposta / fíbrico	Bem decomposta / hêmico	Bem decomposta / hêmico
3	Moderadamente decomposta / hêmico	Moderadamente decomposta / hêmico	Quase completamente decomposto / sáprico

Tabela 4 - Grau de humificação da Matéria Orgânica em F2 nas três profundidades em estudo, segundo a escala de Von Post.

Repetições	0 – 5 cm	5 – 10 cm	10 – 20 cm
1	Bem decomposta / hêmico	Moderadamente decomposta / hêmico	Bem decomposta / hêmico
2	Fracamente decomposta / fíbrico	Moderadamente decomposta / hêmico	Quase completamente decomposta / sáprico
3	Fracamente decomposta / fíbrico	Bem decomposta / hêmico	Quase completamente decomposta / sáprico

Verificam-se graus diferentes de humificação da matéria orgânica, o que pode ser atribuído ao ambiente anaeróbico, sendo que quando se desmembra as repetições de campo nos quadros acima, observa-se que as repetições 1, 2 e 3 que dizem respeito as subáreas de coleta de solo (Xi, Xii, Xiii), dentro de F1 e F2, onde principalmente em F1 observa-se que entre as repetições 1 e 3, tem separações mais nítidas do grau de humificação que possivelmente é influenciado pela altura do lençol freático. Um outro fator que contribuirá para a decomposição diferenciada é a qualidade do material aportado, devido a diversidade de espécies, têm-se percentuais de compostos que variam quanto ao grau de decomposição, como elevados percentual de fibras com diferenciados teores de lignina, polifenóis, celulose e hemicelulose. Terceiro o excesso de água poderia também favorecer o apodrecimento do material orgânico, pela sua ação sobre o tecido vegetal e, dessa forma influenciar nos resultados do método de Von Post. Dessa forma é possível que os resultados encontrados com a utilização do método de Von Post para essas formações florestais e condições do sítio não sejam adequadas para interpretação expedita do grau de humificação da matéria orgânica, sendo necessários criar novos métodos para essa avaliação em ambientes semelhantes.

3.4. Fracionamento Químico da Matéria Orgânica

Na tabela 5 estão apresentados os teores médios das frações da matéria orgânica, as quais são compreendidas em humina (C-HUM), ácido húmico (C-FAH) e ácido fúlvico (C-FAF), bem como os valores percentuais relativos às contribuições dessas frações no carbono total nesses ambientes. Não foi verificada diferença estatística entre as formações florestais, bem como para as diferentes profundidades, quanto a essas substâncias.

Observa-se que a fração humina apresentou os maiores valores para as duas formações em estudo, sendo seus teores mais elevados na formação F2, com teores médios superiores na camada de 0-5 cm em torno de 224,93 g kg⁻¹ e participação no carbono total na ordem de 66,38%. O maior valor de carbono na forma de C-HUM implica, em última instância, em maior expressão de propriedades da fração coloidal da matéria orgânica, tais como: retenção de umidade, melhor agregação do solo e maior retenção de cátions (LOSS, 2008).

Verifica-se, embora sem diferença estatística, um decréscimo dos teores das frações orgânicas em profundidade, fato observado para todas as frações e nas duas áreas, exceto para C-FAF na formação F2. A fração C-FAF apresentou os menores teores e contribuições relativas no COT nas duas formações em estudo, sendo o menor valor encontrado em F1 na camada de 10-20 cm (2,64 g kg⁻¹) e em F2 na camada de 0-5 cm (3,62 g kg⁻¹). Foi encontrada correlação pelo teste de Pearson ($p < 0,05$) em F1 com a profundidade do lençol freático, sendo maior para C-FAF (0,70) e menor para C-AH (0,61), mostrando que nessa formação os teores dessas substâncias tendem a diminuir nas regiões onde o lençol se encontra mais elevado. Uma provável causa para essa correlação seria quanto as questões de maior reatividade e mobilidade no solo, podendo ser perdidas por lixiviação, devido ao lençol freático.

Tabela 5 - Teores médios de carbono das substâncias húmicas (g kg⁻¹) e a relação (%) entre o carbono de cada fração e o carbono total nas duas formações florestais em estudo e diferentes profundidades.

Prof. (cm)	Formação Florestal 1			Formação Florestal 2		
	C-HUM	C-FAH	C-FAF	C-HUM	C-FAH	C-FAF
0-5	199,10	50,40	6,03	224,93	47,31	3,62
5-10	197,79	37,23	4,80	217,36	46,73	5,15
10-20	146,65	27,28	2,64	185,00	37,98	5,51
	C-HUM/COT	C-FAH/COT	C-FAF/COT	C-HUM/COT	C-FAH/COT	C-FAF/COT
0-5	56,06	14,36	1,74	66,38	13,99	1,16
5-10	56,30	11,23	1,45	56,07	11,53	1,35
10-20	44,63	8,14	0,82	57,06	12,10	1,74

A relação C-AH/ C-AF (Tabela 6) foi avaliada nas duas áreas em estudo, sendo seus valores, de acordo com o proposto por Labrador Moreno (1996), citado por Canellas e Santos (2005) funcionando como indicadores de condensação da matéria orgânica solúvel. Para todas as

formações nas diferentes profundidades os valores para esse indicador superaram o valor índice 1 (com valores superiores a 7), ou seja, pode-se afirmar que está ocorrendo uma evolução no processo de transformação da matéria orgânica.

Outra relação também observada diz respeito à relação C-HUM/ C-AH+ C-AF, a qual, segundo o autor supracitado indica a estabilidade estrutural da matéria orgânica. Quanto a essa relação, maiores valores indicam melhor estabilidade estrutura, sendo observado valores bem próximos entre as formações nas diferentes profundidades, sendo maior em F2 na profundidade de 5-10 cm (5,89) e menor em F1 na camada de 0-5cm (3,42).

Tabela 6 - Relação entre os valores médios da fração ácido húmico e ácido fúlvico (C-AH / C-AF), entre a fração humina e somatório de ácido húmico e ácido fúlvico (C-HUM / C-AH + C-AF) e somatório das frações humina, ácido húmico e ácido fúlvico em relação ao carbono total (C-HUM + C-AH + C-AF / COT), nas duas formações florestais estudadas e diferentes profundidades.

Prof. (cm)	Formação Florestal 1		
	C-AH / C-AF	C-HUM / C-AH + C-AF	C-HUM + C-AH + C-AF / COT (%)
0-5	8,36	3,42	72,16
5-10	8,02	5,48	68,97
10-20	10,84	5,63	53,58
Formação Florestal 2			
0-5	7,16	4,38	81,54
5-10	8,09	5,89	68,95
10-20	7,81	4,33	70,91

A relação entre o somatório das três frações orgânicas avaliadas e o COT, sendo essa representada por valores percentuais indica o grau de humificação da matéria orgânica. Segundo Labrador Moreno (1996), citado por Canellas e Santos (2005) os valores quantificados que se enquadram na faixa de 65 até 92%, indica que essa matéria orgânica no solo se encontra em processo de humificação, onde valores inferiores podem indicar: resíduos orgânicos recém adicionados ao solo que ainda não tiveram tempo para evoluir e valores superiores indicam solos empobrecidos sem aportes de matéria orgânica. Observa-se na tabela 5 que os valores se enquadram como normais, indicando que nessas áreas está ocorrendo processo de humificação da matéria orgânica.

Para Rice (2001) as frações alcalino-solúveis que compõem o húmus do solo podem interferir com a fertilidade natural do solo, principalmente na CTC, onde, os ácidos fúlvicos podem apresentar de 640 a 1420 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$, e os ácidos húmicos de 560 a 890 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$.

Segundo Pizauro Jr. e Melo (1995), a predominância de uma fração em detrimento a outra indica o estágio de mineralização da matéria orgânica e a incorporação de N à estrutura húmica. De maneira geral, o C-HUM parece indicar um estágio mais avançado de mineralização da matéria orgânica, pois predomina em relação a C-FAH e C-FAF. Assim, há maior incorporação de N na fração C-HUM, fração mais estável das substâncias húmicas do solo.

3.5. Análise dos Componentes Principais

Através da análise de componentes principais (ACP), realizada a partir das observações feitas na distribuição dos atributos químicos do solo sob as diferentes formações florestais, observou-se que algumas propriedades apresentam comportamento distinto em relação às demais. Na Figura 2 encontra-se a distribuição das variáveis selecionadas pela ACP, com variância acumulada de 61,32 % para os eixos F1 e F2.

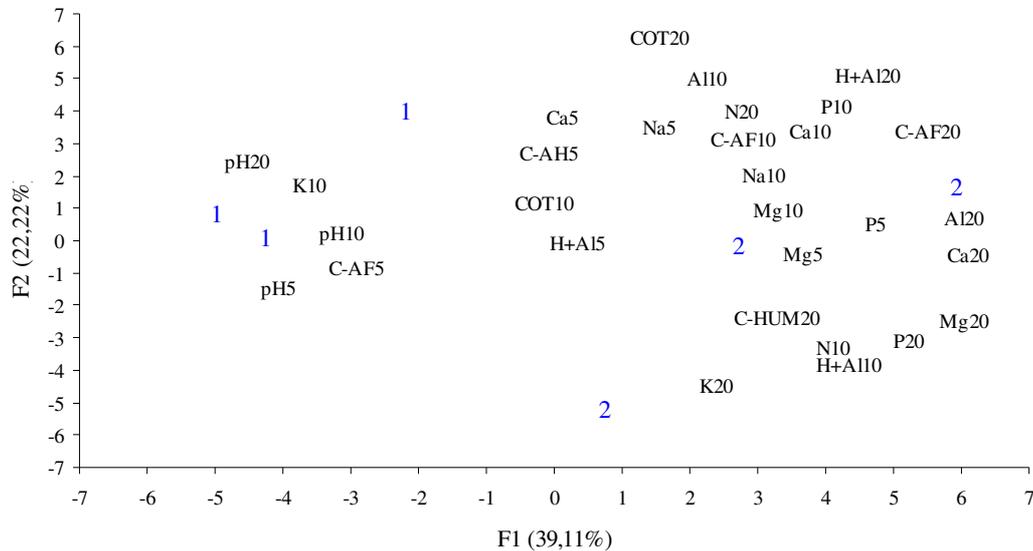


Figura 2 - Diagrama de ordenação produzido pela Análise dos Componentes Principais nas duas formações florestais em estudo, sendo F1 e F2 representado pelos números 1 e 2, respectivamente, nas três profundidades avaliadas.

Observa-se que F1 (1), teve uma tendência de se agrupar, sendo as variáveis pH5, pH10 e pH20, K10 e C-AF5, as responsáveis na separação de F1 de F2. Em F2 não é verificada tendência de agrupamento, porém diversos atributos químicos tenderam a aproximar dessa formação florestal, indicando, a princípio, uma maior diversidade dessa formação, quando comparada com F1. As prováveis causas dessa diferença poderiam estar atribuídas a dinâmica de rebaixamento e elevação do lençol freático, bem como dos teores mais elevados da maior parte das variáveis analisadas em F2, onde, aparentemente, tiveram diferenciados os teores dos elementos nas subáreas de coletas (repetições). Os elementos Ca5, C-AH5, COT10 e H+A15, não tenderam a se correlacionar com nenhuma das formações florestais.

Dessa forma com a utilização da ACP, pode-se verificar uma tendência de separação entre a formação F1 de F2, distinguindo-as, principalmente, pelas variáveis pH, K e C-AF.

4. CONCLUSÃO

As formações florestais estudadas diferiram-se principalmente em relação ao grau de saturação hídrica do solo, o qual foi mais acentuado em F1 e a diversidade vegetal entre as formações, as qual estaria contribuindo de maneira diferenciada na qualidade da matéria orgânica depositada.

Os maiores valores de pH e maior relação C/N foram observados em F1. Os maiores teores de P, CTC e V% foram verificados em F2.

A fração humina foi à de maior representatividade no COT, seguida por ácido húmico e ácido fúlvico.

A formação F1 tendeu a se agrupar e se separar da formação F2, sendo as variáveis pH 5, 10 e 20, K 10 e A.F 5, principais responsáveis pela separação.

As diferenças entre as formações florestais em estudo se devem,em principio, as características de saturação hídrica, causada pelo lençol freático.

CONCLUSÃO GERAL

A dinâmica dessas formações florestais na restinga da Marambaia está sendo influenciada pelas condições de hidromorfismo submetidas pela elevação do lençol freático com origem marinha. Observou-se que sob essas condições algumas espécies vegetais se adaptam e a diversidade entre as formações estudadas está sendo influenciada pelas condições de alagamento.

O aporte total de serapilheira não diferiu entre as formações, porém observou-se diferentes velocidades de decomposição da serapilheira, sendo maiores na formação F2.

O solos sob as formações F1 e F2 se caracterizam pelo elevado teor de carbono orgânico total, com predominância da fração húmica. Tem pH baixo e altos teores de alumínio, sódio e magnésio, sendo esses dois últimos em virtude da influência do lençol freático marinho.

A profundidade do lençol freático se correlacionou com os teores de nitrogênio, magnésio e frações ácido húmico e ácido fúlvico em F1 e potássio e sódio em F2. Sendo verificado diferença estatística entre as áreas quanto aos teores de fósforo, nitrogênio e magnésio e valores de pH e saturação por bases, sendo que F1 apresentou menor profundidade média do lençol freático, diferindo de F2, com maior profundidade média.

Houve uma tendência de agrupamento das repetições de coleta de solo em F1 e F2 se mostrou diferente, levando a entender que a formação F2 é mais diversa quanto as propriedades edáfica, sendo que nesta formação o rebaixamento e elevação do lençol freático estaria influenciando a diferença nas propriedades edáficas e, em F1 as variáveis que mais tenderam a se correlacionar e separá-la de F2 foram pH, potássio e ácido fúlvico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de áreas degradadas em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, p. 715-721, 2003.
- ARAÚJO, D. S. D.; LACERDA, L. D. de. A natureza das restingas. **Ciência Hoje**, 6:42-48, 1987.
- ANDRIESSE, J.P. Nature and management of tropical peat soils. Rome: **FAO**, 1988. (FAO SOILS BULLETIN 59).
- ARAÚJO, D. S. D.; HENRIQUEZ, R. P. B. 1984. Análise florística das restingas do Estado do Rio de Janeiro. p. 159 – 193. In: L. D. LACERDA, D. S. D. ARAÚJO, R. CERQUEIRA & B. TURCQ (orgs.) **Restingas: Origem, Estrutura, Processos**. CEUFF. Niterói.
- ANDERSON, J. D.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods**. 2.ed. Wallingford, UK CAB International; 1996, 171p.
- BELLOTE, A. F. J. **Concentração e exportação de nutrientes pelo *E. grandis*, Hill (ex-Maiden) em função da idade**. Dissertação de Mestrado. Piracicaba, ESALQ-USP, 1979. 129p.
- BURGHOUTS, T. B. A.; CAMPBELL, E.J.F.; KOLDERMAN, P.J. Effects of tree species heterogeneity on leaf fall in primary and logged dipterocarp forest in the Ulu Segama Forest Reserve, Sabah, Malaysia. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.10, p.1-26, 1994.
- BRAY, J.R.; GORHAM, E. **Litter production in forests of the world**. **Advances in Ecology Research**, v. 2, p.101-157. 1964.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto **RADAMBRASIL**.Folha SD.24 Salvador; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro,1981. 624p.
- BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 2003. 7p. (Embrapa solos. Comunicado Técnico, 16).
- CANELLAS, L. P.; BUSATO, J. G.; CAUME, D. J. O uso e manejo da matéria orgânica humificada sob a perspectiva da agroecologia. In.: CANELLAS, L. P. & SANTOS, G. A. **Humosfera: tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas**. Campos dos Goytacazes, p. 244-267, 2005.

COUTO, E.G. **Caracterização, gênese e uso de solos utilizados pelos agricultores do alto vale do Rio Arrojado, Bahia**. 1984. 119f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984.

CANELLAS, L.P. **Avaliação de características físico-químicas de ácidos húmicos. Seropédica**. Tese (Doutorado em Ciências do Solo). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1999.164p.

CANELLAS, L.P.; BERNER, P.G.; SILVA, S.G. da; SILVA, M.B.; SANTOS, G.A. Frações da matéria orgânica em seis solos de uma topossequência no Estado do Rio de Janeiro. **Pesq. Apropoc. Bras.**, 35: 133-143, 2000.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação da serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O (eds). **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo Ecossistemas Tropicais e Subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999, p.197-225.

CÉSAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 53, p. 671-681, 1993.

DABIN, B. Les matières organiques dans les sols tropicaux normalement drainés. *Cah. ORSTOM, Ser. Pedol.*, 28: 197-215, 1981.

DURIGAN, G.; LEITÃO FILHO, H. F.; PAGANO, S. N. Produção de folhedo em matas ciliares na região oeste do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 8, p.187-199, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

EWEL, J. J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. **Journal of Ecology**, v. 64, n.1, p. 293-308, 1976.

FACELLI, J.M.; PICKETT, S.T.A.. Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, v. 57, p. 1-32, 1991.

FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M.G.; MAGALHÃES, L. M. S.; CRUZ, A. R.; GIÁCOMO, R. G. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia Benth.*) e andiroba (*Carapa guianensis Aubl.*) na Flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 163-175, 2006.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G. F.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila mista localizada no Sul do estado do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.

GALVÃO, F.A.D.; VAHL, L.C. Propriedades químicas dos solos orgânicos do litoral do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrociências**, v.2, p.131-135. 1996.

GARCIA, M.J. Potencialidades e aplicação de turfas. **Revista UnG**, Guarulhos, v.1, n.1, p.16-30. 1996.

HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas: Fundação Cargill, 1985, 144 p.

HERBOHN, J.L.; CONGDON, R.A. Ecosystem dynamics at disturbed and undisturbed sites in north Queensland wet tropical rain forest. II- Litterfall. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 9, p. 365-380, 1993.

IGUE, K.; ALCOVER, M.; DERPSCH, R.; PAVAN, M. A.; MELLA, S. C. MEDEIROS, G. B. **Adubação orgânica**. Londrina: IAPAR, 1984. 33 P.

KOPPEN, W. 1948. **Climatologia**: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Economica, México, 488p.

KONONOVA, M.M. **Matéria orgânica del suelo: su naturaleza, propiedades y métodos de investigación**. Barcelona, Oikos-Tou. 1982. 365p.

LARCHER, W. 2006. **Ecofisiologia Vegetal**. Rima Ed. 531 p.

LABRADOR MORENO, J. **La matéria orgânica en los agrosistemas**. Madri, Ministério Agricultura, 1996. 176p.

LOPES, M. I. S.; DOMINGOS, M.; STRUFFALDI-DE-VUONO, Y.; Ciclagem de nutrientes minerais. In: Sylvestre, L. S. & ROSA M. M. T., **Manual metodológico para estudos botânicos na mata atlântica**. EDUR- UFRRJ, Seropédica, RJ, 2002, p. 72-102.

LOBO, P.C. & JOLY, C.A. 2000. Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudeste do Brasil. In: Rodrigues, R.R. & Leitão Filho, H.F. **Matas Ciliares - Conservação e recuperação**. EDUSP Editora, São Paulo.

LEÃO, Z. M. A. N.; DOMINGUEZ, J. M. L. Tropical coast of Brazil. **Mar. Pollut. Bull.**, v.41 (1-6), 2000. p. 112-122.

LOSS, A. **Frações orgânicas e agregação do solo em diferentes sistemas de produção orgânico**. 2008. 61f. Dissertação (Mestrado em Agronomia- Ciência do solo)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2008.

MATTOS, C.C.L.V. Caracterização climática da Restinga da Marambaia. In: MENEZES, L. T, PEIXOTO, A. L, ARAÚJO, D. S. D., **Historia Natural da Marambaia**. EDUR- UFRRJ, Seropédica, RJ, 2005, p. 55- 66.

MACHADO, P.L.O. **Método para a extração de substâncias húmicas do solo: ácido húmico e ácido fúlvico**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1999. 4 p. (Comunicado Técnico, 01).

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1989, 201p.

MOORHEAD, D. L., WESTERFIELD, M. M.; ZAK, J. C. Plants retard litter decay in a nutrient-limited soil: a case of exploitative competition? **Oecologia**, v. 113, p. 530-536, 1998.

MORAIS, F. I.; PAGE, A. L.; LUND, L. J. The effect of pH, salt concentration, and nature of electrolytes on the charge characteristics of Brazilian tropical soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 40, p. 521-527, 1976.

MENDONÇA, M.M. de. **Diagnóstico de propriedades edáficas em áreas agrícolas e de floresta com elevado teor de matéria orgânica no município do Rio de Janeiro**. 1999. 195f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1999.

MORELLATO, L. P. C. **Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi**. In História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil. (L.P.C. Morellato, ed.). Editora UNICAMP, Campinas, p. 98-109, 1992.

MENEZES, L. T; PEIXOTO, A. L; ARAÚJO, D. S. D. **História Natural da Marambaia**. Seropédica, RJ: EDUR, 2005, 288p.

MENEZES, L..F.T. & ARAUJO, D.S.D, 2005. Formações Vegetais da Restinga da Marambaia. In: **Historia Natural da Marambaia**. Editora da Universidade - UFRRJ. p. 67-120.

ORTEGA SASTRIQUES, F. La material orgànica de los suelos y el humus de los suelos de Cuba. Havana. **Ed. Academia de Ciências de Cuba**. 1982, 136p.

OLIVEIRA, J.B., JACOMINE, P.T.K., CAMARGO, M. N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal: FUNEP, 1992. 201p.

PIZAURO JR, J.M.;MELO, W.J. Influência da incorporação da parte aérea de sorgo ou lablabe nas frações da matéria orgânica de um Latossolo vermelho-escuro. **R. Brás. Ciên. do Solo**, 19:95-103, 1995.

PÖTTKER, D.; TEDESCO, M. J.; Efeito do tipo e tempo de incubação sobre a mineralização da matéria orgânica e nitrogênio total em solos do Rio Grande do Sul. **R. Brás. de Ciên. do Solo**, Campinas, 3:20-24, 1979.

PEREIRA, J.; PERES, J. R. R. MANEJO DA MATÉRIA ORGÂNICA. IN: GOEDERT, W. J. (ED.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1987. 422 p.

RAIJ, B. VAN. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos. **Bragantia**, Campinas, v. 28, p. 85-112, 1969.

RICE, J.A. Humin. **Soil Science**, v. 166, n.1, p.848-857. 2001.

REGAZZI, A.J. **Análise multivariada**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, v.2, 2002. (INF-766) (notas de aula).

PONNAMPERUMA, F. N. 1984. Effects of flooding on soils. In: Kozlowski, T.T. **Flooding and plant growth**. Academic Press. Inc.

RAVEN, P.H., EVERT R. E. & ECHHORN, S. E. 2001. **Biologia Vegetal**. Sexta Edição. Guanabara Koogan. 906p.

SILVA, S. M. **Diagnósticos das restingas do Brasil**. Última atualização junho/2000. <http://www.bdt.org.br> (abril/2002).

SWIFT, R. S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D. L.; PAGE, A. L.; HELMKE, P. A.; LOEPPERT, R. H.; SOLTANPOUR, P. N.; TABATABAI, M. A.; JOHNSTON, C. T.; SUMNER, M. E. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Science Society of America: American Society of Agronomy, p. 1011-1020, 1996.

SUGUIO, K.; TESSLER, M. Planícies de cordões litorâneos quaternários do Brasil: origem e nomenclatura. In: LACERDA, L. D.; ARAÚJO, D. S. D.; CERQUEIRA, R.; TURCO, B., org. **Restingas: origem, estruturas, processos**. Niterói, CEUFF, 1984. p15-25.

SCARANO, F.R, RIBEIRO, K.T., MORAIS, L.F.D. & LIMA, H.C., 1997. Plant establishment on flooded and unflooded patches of a freshwater swamp forest in southeastern Brazil. 1997. **Journal of Tropical Ecology** 14: 793-803.

VALADARES, G.S. **Caracterização de Organossolos: auxílio à sua classificação**. 129p. Tese (Doutorado em Agronomia- Ciência do Solo)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2003.

YEOMANS, J. C. & BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Commun. Soil Science Plant Anal.* v.19, n.13, p.1467-1476, 1988.