

MAURÍCIO BERGAMINI SCHEER

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM UM TRECHO DE FLORESTA OMBRÓFILA
DENSA ALUVIAL EM REGENERAÇÃO, GUARAQUEÇABA, PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, Área de Concentração: Conservação da Natureza.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Celina Wisniewski

Co-orientador: Prof. Dr. Renato Marques

CURITIBA

2006

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

Aos professores dessa Universidade, dos departamentos de Botânica, Estatística, Solos e Engenharia Agrícola e Ciências Florestais pelo convívio, pelas discussões e correções prestadas.

Aos meus orientadores e à banca examinadora.

Ao PIBIC/CNPq e à CAPES pela concessão das bolsas de estudo.

Ao patrocínio da Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, e ao apoio da Sociedade Fritz Müller de Ciências Naturais que tornaram possível o presente trabalho.

Ao SIMEPAR e ao IAPAR pelas informações meteorológicas cedidas.

Aos pesquisadores Ricardo Miranda de Britez e Maísa dos Santos Guapiassú pelas referências bibliográficas cedidas e pelo apoio prestado.

À equipe do Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição Mineral de Plantas (LABINP) do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR, pela amizade e pelo auxílio na realização das análises químicas realizadas (Aldair Marty Munhoz e Flóri Roberto Margraf Barberi). Ao Sr. José Ico da Silva do Laboratório de Sementes e Controle de Qualidade de Mudanças do Departamento de Ciências Florestais, pelo apoio prestado.

Ao excelente atendimento dos funcionários da biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira.

À equipe do “Projeto Sucessão”, do qual este trabalho faz parte; em especial a Gustavo Gatti, coordenador e responsável técnico pelo projeto, pelo convívio e pela oportunidade oferecida. Aos colegas Alan Mochinski, André Cavassani, Francisco Putini e Alexandre Lorenzetto, que também participaram diretamente da execução dessa pesquisa.

Aos colegas do curso, pela excelente convivência.

Aos colaboradores do Projeto Sucessão que auxiliaram na coleta de dados e nas discussões, dentre inúmeros amigos, colegas e professores.

Aos meus pais pelo incentivo, compreensão e pelo carinho de sempre.

À minha mãe pela paciência e pelo tempo prestado na ajuda para a confecção dos coletores de serapilheira.

Ao meu pai pela paciência e pelas discussões e correções.

Aos meus irmãos pelo incentivo e pela compreensão.

À Fernanda, minha companheira, e sua família, pelo carinho, apoio e compreensão durante esta fase em minha vida.

À todos que contribuíram para a realização do presente trabalho...

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	IV
LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE QUADROS	VIII
LISTA DE ANEXOS	VIII
RESUMO	X
ABSTRACT	XI
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	1
1.2 OBJETIVOS.....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 A FLORESTA OMBRÓFILA DENSA	4
2.1.1 A Floresta Ombrófila Densa Aluvial	5
2.1.2 Sucessão Vegetal na Floresta Ombrófila Densa	5
2.2 CICLAGEM DE NUTRIENTES.....	7
2.2.1 Ciclagem de Nutrientes em Florestas	7
2.2.2 Ciclagem de Nutrientes em Florestas Tropicais.....	9
2.2.3 Produção de Serapilheira e Deposição de Nutrientes.....	10
2.2.3.1 Eficiência no uso do nutriente (índice de economia do nutriente)	12
2.2.4 Decomposição da Serapilheira e Liberação de Nutrientes	14
2.2.5 Precipitação Pluviométrica e Lixiviação das Copas	18
2.2.5.1 Considerações sobre amostragem, estocagem e preparo das amostras.....	22
3 MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	25
3.1.1 Localização	25
3.1.2 Caracterização do Clima.....	25
3.1.3 Caracterização Geomorfológica.....	27
3.1.4 Caracterização da Vegetação e das Fisionomias	29
3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	33
3.2.1 Produção de Serapilheira e Deposição de Nutrientes.....	33
3.2.2 Decomposição Foliar e Liberação de Nutrientes	37
3.2.3 Precipitação Pluviométrica e Lixiviação das Copas	38
3.2.4 Análises Químicas	42
3.2.5 Análises Estatísticas	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E DEPOSIÇÃO DE NUTRIENTES	44
4.1.1 Produção Anual e Mensal de Serapilheira	44
4.1.2 Frações da Serapilheira Produzida	49
4.1.3 Contribuição das Espécies na Produção da Serapilheira Foliar	50
4.1.4 Sazonalidade da Produção de Serapilheira e as Variáveis Meteorológicas.....	52
4.1.4.1 Serapilheira total.....	52

4.1.4.2	Fração folhas (total).....	54
4.1.4.3	Subfrações da fração folhas (total).....	60
4.1.4.4	Fração ramos	62
4.1.4.5	Órgãos de reprodução.....	63
4.1.5	Teores de Nutrientes Minerais na Serapilheira Produzida	64
4.1.5.1	Nutrientes na serapilheira total	64
4.1.5.2	Nutrientes nas demais frações da serapilheira.....	68
4.1.6	Quantidades de Nutrientes Minerais na Serapilheira Produzida.....	76
4.1.7	Eficiência na Utilização dos Nutrientes (N, P e Ca)	84
4.2	DECOMPOSIÇÃO FOLIAR E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES.....	92
4.2.1	Decomposição Foliar	92
4.2.2	Teores de Nutrientes do Material em Decomposição	95
4.3	PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E LIXIVIAÇÃO DAS COPAS	102
4.3.1	Precipitação Pluviométrica.....	102
4.3.2	Teores de Elementos Minerais na Precipitação Pluviométrica	106
4.3.3	Quantidades de Elementos Minerais na Precipitação Pluviométrica	111
5	CONCLUSÕES	119
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122
	ANEXOS	137

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - MÉDIA DE RESULTADOS DE ANÁLISES QUÍMICAS DOS SOLOS SOB AS PARCELAS DE CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR	30
TABELA 2 - PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL E ANUAL DE SERAPILHEIRA TOTAL PARA AS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR; ERRO PADRÃO, (EM kg/ha); PERÍODO ENTRE 23-SET-01 E 21-SET-03	45
TABELA 3 - PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL DE SERAPILHEIRA PARA AS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR, CONSIDERANDO A MÉDIA DOS DOIS ANOS DE AMOSTRAGEM, ERRO PADRÃO, (EM kg/ha); PERÍODO ENTRE 23-SET-01 E 21-SET-03	46
TABELA 4 - ESTIMATIVAS ANUAIS DE PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA EM DIFERENTES TRECHOS DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA ATLÂNTICA E DE RESTINGAS; (FODTB - FORMAÇÃO DAS TERRAS BAIXAS); (FODAI- ALUVIAL); (FODSub - SUBMONTANA); (FODM - MONTANA); (FODAM - ALTOMONTANA); (Alt. - ALTITUDE, EM m s.n.m.); (Pp. - PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA, EM mm); (AA - ÁREA AMOSTRAL, EM m ²)	47
TABELA 5 - PRODUÇÃO ANUAL DAS FRAÇÕES E SUBFRAÇÕES DE SERAPILHEIRA NAS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA NA RNSM, CONSIDERANDO A MÉDIA DOS DOIS ANOS DE AMOSTRAGEM, (EM kg/ha) DE 23-SET-01 A 21-SET-03	51
TABELA 6 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES DA SERAPILHEIRA TOTAL, AO LONGO DOS MESES DO ANO, EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM; n = N° DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO	65
TABELA 7 - TEORES MÉDIOS DE MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO DA SERAPILHEIRA TOTAL, AO LONGO DOS MESES DO ANO, EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM; EM g/kg. n = N° DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO	66
TABELA 8 - TEORES MÉDIOS ANUAIS DE MACRONUTRIENTES DA SERAPILHEIRA TOTAL PARA CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, EM, g/kg. n = N° DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO; p = VALORES DAS PROBABILIDADES DE ERROS NOS TESTES DE t DE STUDENT, COMPARANDO OS VALORES MÉDIOS ENTRE AS FISIONOMIAS	67
TABELA 9 - TEORES MÉDIOS ANUAIS DE MICRONUTRIENTES E DE ALUMÍNIO DA SERAPILHEIRA TOTAL PARA CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, EM, mg/kg. n = N° DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO; p = VALORES DAS PROBABILIDADES DE ERROS NOS TESTES DE t DE STUDENT, COMPARANDO OS VALORES MÉDIOS ENTRE AS FISIONOMIAS	67
TABELA 10 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES DE CADA FRAÇÃO DE SERAPILHEIRA (CONSIDERANDO O MATERIAL DAS DUAS FISIONOMIAS), EM g/kg. n = N° DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO; REFERENTE A OITO PERÍODOS (ESTAÇÕES DO ANO). VALORES EM COLUNAS SEGUIDOS DE MESMA LETRA NÃO DIFEREM PELO TESTE DE DUNCAN (p < 0,05).....	69
TABELA 11 - TEORES MÉDIOS DE MICRONUTRIENTES E DE ALUMÍNIO DE CADA FRAÇÃO DE SERAPILHEIRA (CONSIDERANDO O MATERIAL DAS DUAS FISIONOMIAS), EM, mg/kg. n = N° DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO; REFERENTE A OITO PERÍODOS (ESTAÇÕES DO ANO). VALORES EM COLUNAS SEGUIDOS DE MESMA LETRA NÃO DIFEREM PELO TESTE DE DUNCAN (p < 0,05)	69
TABELA 12 - QUANTIDADES ANUAIS DE MACRONUTRIENTES DEPOSITADOS PELA SERAPILHEIRA EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM. MÉDIA DOS DOIS ANOS ESTUDADOS, EXPRESSOS EM (kg/ha). VALORES EM PARÊNTESES REPRESENTAM OS PERCENTUAIS DO FLUXO TOTAL 1*.....	78

TABELA 13 - QUANTIDADES ANUAIS DE MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO DEPOSITADOS PELA SERAPILHEIRA EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM. MÉDIA DOS DOIS ANOS ESTUDADOS, EXPRESSOS EM (kg/ha). VALORES EM PARÊNTESES REPRESENTAM OS PERCENTUAIS DO FLUXO TOTAL 1*	79
TABELA 14 - QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES DEPOSITADOS PELA SERAPILHEIRA EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM, DURANTE O PRIMEIRO ANO ESTUDADO, EXPRESSOS EM (kg/ha). VALORES EM PARÊNTESES REPRESENTAM OS PERCENTUAIS DO FLUXO TOTAL 1*.....	80
TABELA 15 - QUANTIDADES DE MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO DEPOSITADOS PELA SERAPILHEIRA EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM, DURANTE O PRIMEIRO ANO ESTUDADO, EXPRESSOS EM (kg/ha). VALORES EM PARÊNTESES REPRESENTAM OS PERCENTUAIS DO FLUXO TOTAL 1*	81
TABELA 16 - QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES DEPOSITADOS PELA SERAPILHEIRA EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM, DURANTE O SEGUNDO ANO ESTUDADO, EXPRESSOS EM (kg/ha). VALORES EM PARÊNTESES REPRESENTAM OS PERCENTUAIS DO FLUXO TOTAL 1*.....	82
TABELA 17 - QUANTIDADES DE MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO DEPOSITADOS PELA SERAPILHEIRA PARA CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM, DURANTE O SEGUNDO ANO ESTUDADO, EXPRESSOS EM (kg/ha). VALORES EM PARÊNTESES REPRESENTAM OS PERCENTUAIS DO FLUXO TOTAL 1*	83
TABELA 18 - ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DOS ELEMENTOS PELA PLANTA ATRAVÉS DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA, MÉDIA DOS DOIS ANOS DO EXPERIMENTO, n = 8.....	87
TABELA 19 - ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DOS ELEMENTOS PELA PLANTA ATRAVÉS SERAPILHEIRA TOTAL EM CADA FISIONOMIA, MÉDIA DOS DOIS ANOS DO EXPERIMENTO, n = 8	87
TABELA 20 - PRODUÇÃO ANUAL DE SERAPILHEIRA TOTAL, QUANTIDADE DE MACRONUTRIENTES (EM kg/ha) E ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DOS ELEMENTOS PELA PLANTA EM DIFERENTES SÍTIOS DE FLORESTAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS.....	88
TABELA 21 - PRODUÇÃO ANUAL DE SERAPILHEIRA TOTAL, QUANTIDADES ELEMENTOS MINERAIS EM DIFERENTES SÍTIOS DE FLORESTAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS	91
TABELA 22 - PERCENTUAL MÉDIO DE DECOMPOSIÇÃO DO MATERIAL FOLIAR EM CADA PERÍODO DE COLETA (EXPERIMENTO 1); NA CAPOEIRA NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR; K = RAZÃO INSTANTÂNEA DE DECOMPOSIÇÃO	94
TABELA 23 - PERCENTUAL MÉDIO DE DECOMPOSIÇÃO DO MATERIAL FOLIAR EM CADA PERÍODO DE COLETA (EXPERIMENTO 2); NA CAPOEIRA NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR; K = RAZÃO INSTANTÂNEA DE DECOMPOSIÇÃO	94
TABELA 24 - TEORES MÉDIOS E ERROS PADRÕES DE MACRONUTRIENTES E DE CARBONO NO MATERIAL VEGETAL COM DIFERENTES TEMPOS DE DECOMPOSIÇÃO NA CAPOEIRA NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR; (EXPERIMENTO 1).....	96
TABELA 25 - TEORES MÉDIOS E ERROS PADRÕES DOS MICRONUTRIENTES E DE ALUMÍNIO NO MATERIAL VEGETAL COM DIFERENTES TEMPOS DE DECOMPOSIÇÃO NA CAPOEIRA NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR; (EXPERIMENTO 1).....	96
TABELA 26 - PERCENTUAL MÉDIO REMANESCENTE DE CARBONO E DE MACRONUTRIENTES EM RELAÇÃO AO CONTEÚDO INICIAL (EXP. 1).....	99
TABELA 27 - PERCENTUAL MÉDIO REMANESCENTE DE MICRONUTRIENTES E DE ALUMÍNIO EM RELAÇÃO AO CONTEÚDO INICIAL (EXP. 1).....	99

TABELA 28 - MÉDIAS VOLUMÉTRICAS DE PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL (EXTERNA) E DE PRECIPITAÇÃO INTERNA NA CAPOEIRA E NA FLORESTA SECUNDÁRIA AVANÇADA NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR (em mm); CV% = COEFICIENTE DE VARIAÇÃO; PRECIPITAÇÃO DIRETA: n = 6; PRECIPITAÇÃO INTERNA: n = 15	105
TABELA 29 - TEORES MENSAIS DOS ELEMENTOS MINERAIS ESTIMADOS NA ÁGUA DE PRECIPITAÇÃO EXTERNA, NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR; EM $\mu\text{g/mL}$; EP = ERRO PADRÃO, EM % (RNSM)(INÍCIO: 24/09/01)	108
TABELA 30 - TEORES MENSAIS DOS ELEMENTOS MINERAIS ESTIMADOS NA ÁGUA DE PRECIPITAÇÃO INTERNA NA CAPOEIRA, NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR; EM $\mu\text{g/mL}$; EP = ERRO PADRÃO, EM % (RNSM)(INÍCIO: 24/09/01)	109
TABELA 31 - TEORES MENSAIS DOS ELEMENTOS MINERAIS ESTIMADOS NA ÁGUA DE PRECIPITAÇÃO INTERNA NA FLORESTA SECUNDÁRIA AVANÇADA, NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR; EM $\mu\text{g/mL}$; EP = ERRO PADRÃO, EM % (RNSM)(INÍCIO: 24/09/01)	110
TABELA 32 - QUANTIDADES MENSAIS DOS ELEMENTOS MINERAIS ESTIMADOS NA ÁGUA DA PRECIPITAÇÃO EXTERNA, NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR; EM kg/ha; EP = ERRO PADRÃO, EM % (RNSM)(INÍCIO: 24/09/01)	112
TABELA 33 - QUANTIDADES MENSAIS DOS ELEMENTOS MINERAIS ESTIMADOS NA ÁGUA DA PRECIPITAÇÃO INTERNA NA CAPOEIRA, NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR; EM kg/ha; EP = ERRO PADRÃO, EM % (RNSM)(INÍCIO: 24/09/01)	113
TABELA 34 - QUANTIDADES MENSAIS DOS ELEMENTOS MINERAIS ESTIMADOS NA ÁGUA DA PRECIPITAÇÃO INTERNA NA FLORESTA SECUNDÁRIA AVANÇADA, NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR; EM kg/ha; EP = ERRO PADRÃO, EM % (RNSM)(INÍCIO: 24/09/01)	115
TABELA 35 - MÉDIAS VOLUMÉTRICAS DE PRECIPITAÇÃO EXTERNA, INTERNA NA CAPOEIRA E NA FLORESTA SECUNDÁRIA AVANÇADA E A QUANTIDADE ANUAL DE ELEMENTOS DEPOSITADOS (EM kg/ha)	116
TABELA 36 - ESTIMATIVAS ANUAIS DOS FLUXOS DE ELEMENTOS ATRAVÉS DA PRECIPITAÇÃO EXTERNA E INTERNA EM DIFERENTES TRECHOS DE FLORESTAS TROPICAIS (EM kg/ha/ano) (FODAI- ALUVIAL); (FODSub – SUBMONTANA); (FODM – MONTANA); (FOD AmTF – AMAZÔNICA DE TERRA FIRME)	117

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - DIAGRAMA CLIMÁTICO CONSTRUÍDO SEGUNDO WALTER (1986). DADOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO IAPAR, EM GUARAQUEÇABA, PR; PERÍODO ENTRE 1978 E 2005	26
FIGURA 2 - MAPAS DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS ÁREAS DE ESTUDOS (RESERVA NATURAL SALTO MORATO) NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR	28
FIGURA 3 - VISTA ÁEREA ENGLOBANDO AS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA, NA RESERVA NATURAL SALTO MORATO, MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR	34
FIGURA 4 - VISTA ÁEREA ENGLOBANDO AS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA, NA RESERVA NATURAL SALTO MORATO, MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR	34
FIGURA 5 - DISPOSIÇÃO DO GRUPO DE PARCELAS DE FITOSSOCIOLOGIA E DE EXPERIMENTOS COM CICLAGEM DE NUTRIENTES NA ÁREA DE ESTUDOS NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR	35

FIGURA 6 - PARCELA DE FITOSSOCIOLOGIA COM A DISPOSIÇÃO DOS COLETORES DE SERAPILHEIRA E PRECIPITAÇÃO INTERNA NA ÁREA DE ESTUDOS NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR	36
FIGURA 7 - COLETA DE SERAPILHEIRA NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA, NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR	40
FIGURA 8 - COLETOR DE SERAPILHEIRA NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA.....	40
FIGURA 9 - COLETOR DE SERAPILHEIRA NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA.....	40
FIGURA 10 - PLUVIÔMETROS DE PRECIPITAÇÃO INTERNA NA FLORESTA SECUNDÁRIA AVANÇADA SUBMONTANA.....	40
FIGURA 11 - PLUVIÔMETRO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR.....	41
FIGURA 12 - PLUVIÔMETRO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA.....	41
FIGURA 13 - CADINHOS CONTENDO AMOSTRAS PARA A DIGESTÃO EM MUFLA À 500°C E POSTERIOR FILTRAGEM E LEITURA EM ESPECTROFOTÔMETRO.....	41
FIGURA 14 - FILTRAGEM DAS AMOSTRAS JÁ DIGERIDAS EM MUFLA E SOLUBILIZADAS EM HCl 10%.....	41
FIGURA 15 - CONTRIBUIÇÃO ANUAL MÉDIA PERCENTUAL DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA NAS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA NA RNSM NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR	50
FIGURA 16 - CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FRAÇÕES FOLIARES EM RELAÇÃO AO TOTAL DE FOLHAS DEPOSITADAS NAS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA NA RNSM NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR	52
FIGURA 17 - DEPOSIÇÃO MENSAL DE SERAPILHEIRA EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA (EM kg/ha) E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (EM mm) DURANTE O PERÍODO DE ESTUDO NA RESERVA NATURAL SALTO MORATO, NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR. AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS: TEMPERATURAS MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA, SEGUEM UM PADRÃO SIMILAR AO DA PRECIPITAÇÃO. AS ÁREAS ESCURAS DAS BARRAS REPRESENTAM VALORES ACIMA DA MÉDIA	53
FIGURA 18 - COMPORTAMENTO SAZONAL DAS FRAÇÕES E SUBFRAÇÕES DE SERAPILHEIRA NA FISIONOMIA MAIS DESENVOLVIDA DA CAPOEIRA NA RNSM, NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR. AS BARRAS REPRESENTAM O PERCENTUAL DE DEPOSIÇÃO DURANTE O PERÍODO ESTUDADO	61
FIGURA 19 - COMPORTAMENTO SAZONAL DAS FRAÇÕES E SUBFRAÇÕES DE SERAPILHEIRA NA FISIONOMIA MENOS DESENVOLVIDA DA CAPOEIRA NA RNSM, NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR. AS BARRAS REPRESENTAM O PERCENTUAL DE DEPOSIÇÃO DURANTE O PERÍODO ESTUDADO	61
FIGURA 20 - COMPORTAMENTO SAZONAL DAS FRAÇÕES E SUBFRAÇÕES DE SERAPILHEIRA, CONSIDERANDO A MÉDIA DAS DUAS FISIONOMIAS DA CAPOEIRA NA RNSM, NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR. AS BARRAS REPRESENTAM O PERCENTUAL DE DEPOSIÇÃO DURANTE O PERÍODO ESTUDADO	62
FIGURA 21 - DENDROGRAMA BASEADO NOS TEORES DE MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO DAS FRAÇÕES FOLIARES DA SERAPILHEIRA. FORAM UTILIZADOS A DISTÂNCIA EUCLIDIANA E O MÉTODO WARD'S DE LIGAÇÃO	74

FIGURA 22 - DENDROGRAMA BASEADO NOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NAS FRAÇÕES FOLIARES DA SERAPILHEIRA. FORAM UTILIZADOS A DISTÂNCIA EUCLIDIANA E O MÉTODO WARD'S DE LIGAÇÃO	74
FIGURA 23 - DENDROGRAMA BASEADO NOS TEORES DE MICRONUTRIENTES NAS FRAÇÕES FOLIARES DA SERAPILHEIRA. FORAM UTILIZADOS A DISTÂNCIA EUCLIDIANA E O MÉTODO WARD'S DE LIGAÇÃO.....	75
FIGURA 24 - DENDROGRAMA BASEADO NOS TEORES DE MACRO, MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO NA SERAPILHEIRA TOTAL POR PARCELA EM CADA FISIONOMIA. (VALORES MÉDIOS ENTRE A PRIMAVERA E O VERÃO DO PRIMEIRO ANO ESTUDADO, SEGUNDO TABELAS 8 E 9). OS NÚMEROS (1 E 2) REPRESENTAM A FISIONOMIA NA QUAL CADA PARCELA ESTÁ INSERIDA. FORAM UTILIZADOS A DISTÂNCIA EUCLIDIANA E O MÉTODO WARD'S DE LIGAÇÃO	75
FIGURA 25 - PERCENTUAIS MÉDIOS DO PESO REMANESCENTE DA SERAPILHEIRA FOLIAR EM DECOMPOSIÇÃO PARA OS DOIS EXPERIMENTOS NA CAPOEIRA NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR; E RESPECTIVOS ERROS PADRÕES	95
FIGURA 26 - PERCENTUAIS MÉDIOS DE MASSA SECA, CARBONO E DE MACRONUTRIENTES EM RELAÇÃO AO CONTEÚDO INICIAL DO MATERIAL FOLIAR SUBMETIDO A DIFERENTES TEMPOS DE DECOMPOSIÇÃO NA CAPOEIRA NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR (EXPERIMENTO 1).....	100
FIGURA 27 - PERCENTUAIS MÉDIOS DE MICRONUTRIENTES E DE ALUMÍNIO EM RELAÇÃO AO CONTEÚDO INICIAL DO MATERIAL FOLIAR SUBMETIDO A DIFERENTES TEMPOS DE DECOMPOSIÇÃO NA CAPOEIRA NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR (EXPERIMENTO 1).....	100
FIGURA 28 - PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EXTERNA E PRECIPITAÇÕES INTERNAS (DOSSEL DA CAPOEIRA E FLORESTA SECUNDÁRIA) (EM mm) DURANTE O PERÍODO DE ESTUDO NA RNSM, NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR. AS ÁREAS ESCURAS DAS BARRAS REPRESENTAM VALORES ACIMA DA MÉDIA ..	104

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - PADRÕES DAS CORRELAÇÕES DE SPEARMAN OBTIDAS ENTRE OS VALORES DA DEPOSIÇÃO MÉDIA MENSAL DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DURANTE DOIS ANOS (D, SEQÜÊNCIA DE DEPOSIÇÃO MENSAL, MÉDIA DAS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA) E OS VALORES MÉDIOS MENSAIS DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DO MESMO PERÍODO (MÊS 0, n = 26), DE MESES ANTERIORES E POSTERIORES (ATÉ 13º MÊS - ANO SEGUINTE).....	56
QUADRO 2 - VALORES DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (r_s) E SUAS PROBABILIDADES DE ERRO CORRESPONDENTES ÀS CÉLULAS PINTADAS DO PADRÃO GERAL (FRAÇÃO FOLIAR TOTAL) DO QUADRO 1.....	56

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (EM mm) NA ÁREA DE ESTUDO NA RNSM, NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA PR E AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS CEDIDAS PELO INSTITUTO TECNOLÓGICO SIMEPAR DURANTE O PERÍODO ENTRE 23/09/2001 E 21/09/2003, DADOS DA ESTAÇÃO DO IAPAR, EM GUARAQUEÇABA: PRECIPITAÇÃO (EM mm), TEMPERATURAS DO AR MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA (EM °C), INSOLAÇÃO (EM HORAS/DIA) E UMIDADE RELATIVA DO AR (EM %).....	138
--	-----

ANEXO 2 - ANÁLISE QUÍMICA E GRANULOMÉTRICA E ATRIBUTOS DIAGNÓSTICOS DO NEOSSOLO FLÚVICO TB DISTRÓFICO TÍPICO, A MODERADO, TEXTURA MÉDIA, HIPODISTRÓFICO, RASO, ÁCIDO, FLORESTA OMBRÓFILA Densa ALUVIAL, RELEVO PLANO	139
ANEXO 3 - ANÁLISE QUÍMICA E GRANULOMÉTRICA E ATRIBUTOS DIAGNÓSTICOS DO NEOSSOLO FLÚVICO TB DISTRÓFICO GLEICO, A MODERADO, TEXTURA MÉDIA, ÁLICO, RASO, ÁCIDO, FLORESTA OMBRÓFILA Densa ALUVIAL, RELEVO PLANO	139
ANEXO 4 - ANÁLISE QUÍMICA E GRANULOMÉTRICA E ATRIBUTOS DIAGNÓSTICOS DO CAMBISSOLO HÍSTICO DISTRÓFICO TÍPICO, A MODERADO, TEXTURA MÉDIA, HIPODISTRÓFICO, ÁLICO, PROFUNDO, ÁCIDO, FLORESTA OMBRÓFILA Densa ALUVIAL, RELEVO PLANO	140
ANEXO 5 - DADOS REFERENTES À ESTRUTURA ARBÓREA DAS PARCELAS PERTENCENTES A CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA; PERÍMETRO À ALTURA DO PEITO (PAP) > 10 cm.....	140
ANEXO 6 - DEPOSIÇÃO DE CADA FRAÇÃO DE SERAPILHEIRA AO LONGO DOS MESES DO ANO I, NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA, EM kg/ha.....	141
ANEXO 7 - DEPOSIÇÃO DE CADA FRAÇÃO DE SERAPILHEIRA AO LONGO DOS MESES DO ANO I, NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MENOS DESENVOLVIDA, EM kg/ha	141
ANEXO 8 - DEPOSIÇÃO DE CADA FRAÇÃO DE SERAPILHEIRA AO LONGO DOS MESES DO ANO II, NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA EM, kg/ha.....	142
ANEXO 9 - DEPOSIÇÃO DE CADA FRAÇÃO DE SERAPILHEIRA AO LONGO DOS MESES DO ANO II, NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MENOS DESENVOLVIDA, EM kg/ha	142
ANEXO 10 - PADRÕES DAS CORRELAÇÕES DE SPEARMAN OBTIDAS ENTRE OS VALORES DA DEPOSIÇÃO MÉDIA MENSAL DE CADA FRAÇÃO DE SERAPILHEIRA DURANTE DOIS ANOS (D, SEQÜÊNCIA DE DEPOSIÇÃO MENSAL, MÉDIA DAS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA) E OS VALORES MÉDIOS MENSAIS DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DO MESMO PERÍODO (MÊS 0, n = 26), DE MESES ANTERIORES E POSTERIORES (ATÉ 13º MÊS - ANO SEGUINTE).....	143
ANEXO 11 - VALORES DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (rs) E SUAS PROBABILIDADES DE ERRO CORRESPONDENTES ÀS CÉLULAS PINTADAS DOS QUADROS DO ANEXO 10.....	145
ANEXO 12 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES DA SERAPILHEIRA TOTAL AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO; n = Nº DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO	146
ANEXO 13 - TEORES MÉDIOS DE MICRONUTRIENTES E DE ALUMÍNIO DA SERAPILHEIRA TOTAL AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO; n = Nº DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO	146
ANEXO 14 - ANÁLISES QUÍMICAS EFETUADAS NAS AMOSTRAS DE SERAPILHEIRA; TEORES DE MACRONUTRIENTES; MICRONUTRIENTES E DE ALUMÍNIO (EM mg/kg)	146
ANEXO 15 - ANÁLISES QUÍMICAS EFETUADAS NAS AMOSTRAS DO MATERIAL VEGETAL EM DECOMPOSIÇÃO; TEORES DE MACRONUTRIENTES (EM g/kg), MICRONUTRIENTES E DE ALUMÍNIO (EM mg/kg)	149
ANEXO 16 - ANÁLISES QUÍMICAS EFETUADAS NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DA CHUVA; TEORES DE ELEMENTOS MINERAIS (EM µg/L)	150
ANEXO 17 - AMOSTRAS SUBMETIDAS À DECOMPOSIÇÃO (INÍCIO: 22/05/02)	151
ANEXO 18 - AMOSTRAS SUBMETIDAS À DECOMPOSIÇÃO (INÍCIO: 24/11/2002)	153
ANEXO 19 - CALIBRAGEM PARA OBTENÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS AMOSTRAS PARA A ESTIMATIVA DOS PESOS SECOS DAS AMOSTRAS SUBMETIDAS À DECOMPOSIÇÃO NO CAMPO; PU = PESO ÚMIDO, PS = PESO SECO E TU = TEOR DE UMIDADE, EP = ERRO PADRÃO	154

RESUMO

CICLAGEM DE NUTRIENTES EM UM TRECHO DE FLORESTA OMBRÓFILA Densa ALUVIAL EM REGENERAÇÃO, GUARAQUEÇABA, PR. Este trabalho teve o objetivo de avaliar a ciclagem de nutrientes em um trecho de Floresta Ombrófila Densa Aluvial atlântica em regeneração natural, durante o nono e décimo ano após o abandono da bubalinocultura, na Reserva Natural Salto Morato, em Guaraqueçaba, Paraná. Foi estudada a produção de serapilheira e a contribuição de suas frações (ramos, órgãos de reprodução, miscelânea e folhas de *Myrsine coriacea*, *Alchornea glandulosa*, *Psidium guajava*, *Senna multijuga*, *Cecropia pachystachya*, *Tibouchina pulchra* e *Citharexylum myrianthum* e demais espécies da comunidade) para o retorno de macronutrientes, micronutrientes e alumínio, no solo de duas fisionomias distintas de capoeira em função do desenvolvimento da vegetação. Foi estudado também o processo de decomposição da serapilheira foliar e liberação e retenção de seus macronutrientes, micronutrientes e alumínio. Foi quantificada a contribuição na deposição de K, Ca, Mg e Na no solo através da precipitação no exterior e no interior da fisionomia mais desenvolvida da capoeira e em uma floresta secundária avançada submontana. A deposição total anual de serapilheira para a fisionomia mais desenvolvida na subserre foi estimada em $6,4 \pm 1,2$ t/ha (95% confiabilidade). O valor obtido para a fisionomia menos desenvolvida foi de $3,0 \pm 1,0$ t/ha. A maior produção da fração foliar ocorreu na primavera. Grande parte das correlações obtidas entre a deposição das frações de serapilheira e algumas variáveis meteorológicas indicou um padrão temporal entre os picos desses eventos. A soma das quantidades dos macronutrientes analisados alcançou 237 kg/ha/ano para a fisionomia mais desenvolvida e 97 kg/ha/ano para a menos desenvolvida. O valor para a fisionomia mais avançada pode ser considerado intermediário, comparando-se com outros estudos em florestas brasileiras. As concentrações entre os elementos geralmente seguiram o seguinte padrão: $N > Ca > K > Mg > Al > P > Mn > Fe > Zn > Cu$. Foi estimado um tempo médio de um ano, para que a metade do material foliar caído no solo da capoeira fosse decomposto. A perda de material foi acentuada no início do processo e a taxa de decomposição foi inferior a de outras florestas tropicais, mas similar a de outros estudos na floresta atlântica. Houve uma tendência de aumento nos teores dos elementos analisados no material remanescente durante o processo de decomposição, exceto para o K. A capoeira e a floresta secundária apresentaram valores de interceptação da água da chuva em torno de 14%, sendo baixos comparados com outros da literatura. A seqüência decrescente dos elementos depositados pelas duas situações de precipitação interna foi: $Na > K > Ca > Mg$. As estimativas para a deposição do Na pela precipitação, foram maiores que as encontradas pela revisão da literatura, alcançando uma média anual de 96 kg/ha na precipitação no interior da capoeira. Entre os macronutrientes analisados, para o mesmo processo, foram estimadas deposições anuais de 52 kg/ha de K, 5 kg/ha de Ca e 2,9 kg/ha de Mg. Esses valores representaram respectivamente 65%, 5% e 15%, da deposição total desses nutrientes no solo (serapilheira + precipitação interna).

Palavras-chave: deposição de serapilheira, decomposição, precipitação pluviométrica, sucessão secundária.

ABSTRACT

NUTRIENT CYCLING ON ALLUVIAL ATLANTIC RAIN FOREST IN REGENERATION, GUARAQUEÇABA, PR. The focus of the study was a nutrient cycling evaluation in an alluvial Atlantic Rain Forest in natural regeneration during the 9th and 10th years after Asian buffalo grazing was abandoned. The return of nutrients through total fine litterfall and the fractions (branches, fruits and flowers, miscellaneous and leaves of *Myrsine coriacea*, *Alchornea glandulosa*, *Psidium guajava*, *Senna multijuga*, *Cecropia pachystachya*, *Tibouchina pulchra*, *Citharexylum myrianthum* and leaves of the other species of the community) was estimated for two distinct areas in an initial successional stage “capoeira”. The leaf decomposition and nutrient release and retention were also studied. Rainfall and throughfall contribution to nutrient deposition in the most developed area of the “capoeira” and in a secondary forest were also estimated. Litterfall was higher ($6.4 \pm 1.2 \text{ ton ha}^{-1}\text{y}^{-1}$; 95% confidence limits) in the most developed area than in the least developed one ($3.0 \pm 1.0 \text{ ton ha}^{-1}\text{y}^{-1}$). The highest leaf litter production occurred in spring. The majority of the correlations between litterfall fractions and meteorological variables indicate a time interval pattern among the peaks of these events. Total amount of macronutrients in litterfall annually reached $237 \text{ kg ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ in the most developed area, an average value as compared to other Brazilian forests. In the less developed “capoeira” total amount of nutrient deposition was only $97 \text{ kg ha}^{-1}\text{y}^{-1}$. The greater value can be considered average comparing to other studies in Brazilian Forests. The pattern of elements concentration in litterfall was: $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Al} > \text{P} > \text{Mn} > \text{Fe} > \text{Zn} > \text{Cu}$. Half of the leaf litter disappeared in one year. Weigh loss was higher in the earlier stages of the decomposition process. Calculated rate was lower than in other tropical forests of the world, although similar to other Atlantic forests in Brazil. There was a tendency of increasing element concentration during the decomposition process, except for K. The most developed area of the “capoeira” and the advanced secondary forest showed interception rainfall values around 14%; considered low comparing with other studies. The sequence of element concentration in throughfall in both areas was $\text{Na} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg}$. The Na value was very high, reaching in average $96 \text{ kg ha}^{-1}\text{y}^{-1}$ in the “capoeira”. An annual return of 52 kg ha^{-1} of K, 5 kg ha^{-1} of Ca and 2.9 kg ha^{-1} of Mg was estimated for this process. These values contributed respectively to 65%, 5% e 15% of the total nutrient deposition (litterfall + throughfall).

Key words: litterfall, decomposition, rainfall, throughfall, secondary succession.

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

As atividades humanas transformaram a maior parte dos ambientes primitivos devido ao mau uso da terra, resultando em áreas pouco produtivas, tanto ambiental quanto economicamente. Por este motivo, extensas áreas foram abandonadas e atualmente se encontram em regeneração natural, nos estágios iniciais e intermediários de sucessão secundária.

Esses ambientes podem apresentar um grande potencial de resiliência (regeneração), quando contam com uma certa combinação de fatores. Se alguns desses fatores não estão presentes, há uma limitação na recomposição natural do ecossistema, resultando na lentidão do processo. Um desses fatores é a quantidade de nutrientes, muitas vezes removida em excesso dos compartimentos do ecossistema pela exploração humana. O entendimento dos mecanismos que regem os fluxos dos nutrientes, em ambientes primitivos e em regeneração, é fundamental no desenvolvimento de técnicas de manejo, de conservação e de restauração de ecossistemas (GOLLEY *et al.*, 1978; SCHUBART *et al.*, 1984; JORDAN, 1985).

Segundo GRUBB (1995), existe uma considerável quantidade de informações sobre os estoques de nutrientes nas florestas tropicais, suas taxas de ciclagem e de propriedades peculiares da vegetação e seus solos. No entanto, pouco se conhece sobre quais os elementos minerais que limitam o crescimento das florestas ou de apenas algumas espécies nos diversos tipos de solos. O autor afirma que pouco se conhece sobre a relação da ciclagem de elementos minerais com a enorme diversidade biológica das florestas tropicais. Também salienta a importância de incentivar tanto a pesquisa básica quanto a aplicada, pois ambas têm apresentado relevante contribuição para o entendimento da complexidade do assunto.

Segundo MITTERMEIER *et al.* (1999), restam, para o bioma Floresta Atlântica, cerca de 7% da cobertura original. No Paraná, a cobertura vegetal original foi reduzida para aproximadamente 9% (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA,

1998). Segundo SEMA (2002), nesse estado, na Floresta Ombrófila Densa, a formação aluvial é a mais degradada, tendo sido drasticamente transformada pelo homem, com uma percentagem de perda em relação à floresta original de 74%. Desse percentual, 31% representam formações pioneiras em estágio inicial de sucessão e 15% de agropecuária, indicando que atualmente ocorre um intenso uso da terra, na maior parte das vezes em locais onde a lei não permite.

Nota-se uma urgência não só na proteção dos últimos remanescentes dessa floresta, mas também na sua recomposição, de forma que ela não fique limitada em pequenas áreas, podendo assim, ter seus limites ampliados. PAGANO (1985) e VARJABEDIAN e PAGANO (1988) salientaram a necessidade da compreensão dos ecossistemas, tendo em vista que eles estão sendo rapidamente destruídos, sem um conhecimento prévio dos parâmetros indispensáveis para um manejo adequado.

Este trabalho é um componente do Projeto Sucessão: pesquisa e aplicação em restauração ambiental, em grande parte, realizado na Reserva Natural Salto Morato (RNSM), em Guaraqueçaba, no Paraná. O projeto tem a finalidade de investigar os processos sucessionais através de pesquisas de diversas áreas da ecologia, sendo uma delas a ciclagem de nutrientes, objeto dessa dissertação. Com o embasamento científico dos processos naturais de regeneração do ambiente, poderão ser utilizadas informações para acelerar a restauração e conservação de áreas da floresta atlântica no estado e também em outros biomas. O projeto teve início em março de 1999, com o acompanhamento do desenvolvimento florístico e estrutural da vegetação e da fenologia das principais espécies do ambiente sucessional em estudo (GATTI, 2000), o que em muito contribuiu para o embasamento do presente trabalho sobre a ciclagem de nutrientes.

1.2 OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo principal trazer informações básicas sobre a ciclagem de nutrientes num ambiente aluvial de Floresta Ombrófila Densa Atlântica entre os estágios inicial e médio de sucessão secundária (capoeira), compreendendo duas fisionomias distintas em função do desenvolvimento da vegetação. A Fisionomia 1 corresponde àquela mais desenvolvida da capoeira e a Fisionomia 2 corresponde a menos desenvolvida, mas já com predominância de espécies arbustivas e arbóreas. Através do estudo de três processos da ciclagem de nutrientes (a, b, c), buscou-se:

a) Em relação à produção de serapilheira e deposição de elementos minerais, avaliar:

I) a produção mensal e anual de serapilheira e de suas frações em cada fisionomia de capoeira;

II) o comportamento da produção sazonal de cada fração de serapilheira (seqüência das médias mensais durante dois anos estudados) em relação ao comportamento de variáveis meteorológicas/climáticas,

III) os teores de elementos minerais (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, Al) da serapilheira total para cada fisionomia de capoeira;

IV) os teores de elementos minerais para cada fração de serapilheira, considerando o material das duas fisionomias agrupado;

V) a contribuição da produção da serapilheira total e de suas frações na deposição de elementos minerais no solo em cada fisionomia estudada;

VI) a eficiência no uso dos nutrientes (N, P, Ca) em cada fisionomia de capoeira (serapilheira total) e para cada espécie estudada (serapilheira foliar por espécie).

b) Em relação à decomposição foliar e liberação de elementos minerais, avaliar:

VI) a decomposição foliar em um experimento com início no outono e outro com início na primavera (em local representativo da capoeira, sem levar em consideração qual fisionomia);

VII) a liberação ou retenção de elementos durante o processo de decomposição (somente no experimento com início no outono).

c) Em relação à precipitação pluviométrica e lixiviação das copas, avaliar:

VIII) o volume de precipitação pluviométrica externa (lavagem atmosférica) e interna (água que atravessa o dossel da fisionomia mais desenvolvida da capoeira e de uma floresta secundária avançada);

IX) os teores e quantidades depositadas de (K, Ca, Mg e Na) na água da precipitação externa e na da precipitação interna nas duas situações.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A FLORESTA OMBRÓFILA DENSA

A Floresta Ombrófila Densa, também conhecida como Floresta Pluvial Tropical, é caracterizada por macro e mesofanerófitos, por lianas lenhosas e pela abundância de epífitas, que a diferenciam das outras classes de formação. A característica ombrotérmica dessa floresta está ligada aos fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25° C), e de alta precipitação, bem distribuída durante o ano, sem período biologicamente seco. É aceita a designação de duas fisionomias ecológicas, a amazônica e a costeira (atlântica) (VELOSO *et al.*, 1991). Essa unidade fitogeográfica apresenta grande produtividade de biomassa e diversidade, sendo estimadas mais de 700 espécies arbóreas, a maioria exclusiva

dessa unidade vegetacional (LEITE, 1994). A Floresta Ombrófila Densa foi dividida em cinco formações, cada uma com inúmeras comunidades e associações, constituindo complexa e exuberante coleção de formas biológicas, ordenadas segundo hierarquia topográfica que reflete fisionomias diferentes: formações das Terras Baixas, Aluvial, Submontana, Montana e Altomontana (VELOSO *et al.*, 1991; RODERJAN *et al.*, 2002).

A ocorrência da Floresta Ombrófila Densa no Paraná, contempla a Serra do Mar, toda a planície litorânea (incluindo as ilhas interiores) e parte do Vale do Ribeira, totalizando aproximadamente 11.100 km² e abrangendo 15 municípios, desde o litoral até parte do primeiro planalto (SEMA, 2002).

2.1.1 A Floresta Ombrófila Densa Aluvial

As formações florestais da Floresta Ombrófila Densa Aluvial no Paraná situam-se em planícies de sedimentos dos rios que deságuam na região litorânea, sujeitas ou não a inundações, onde ocorrem predominantemente Neossolos Flúvicos e Gleissolos. São típicas as espécies *Cytharexylum myrianthum* Cham. (Verbenaceae), *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax. (Euphorbiaceae), *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg. (Euphorbiaceae) e *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze (Lecythidaceae) ocupando os estratos superiores. No sub-bosque ocorrem freqüentemente *Inga* spp., *Geonoma elegans* Mart., *Euterpe edulis* Mart. (Arecaeaceae), *Pera glablata* (Schott) Poepp. Ex Baill. (Euphorbiaceae), entre outras (VELOSO *et al.*, 1991; RODERJAN *et al.*, 2002). Segundo SEMA (2002), a ocupação da região litorânea deu-se nas proximidades dos rios, resultando na quase total transformação desses ambientes, onde atualmente predominam atividades agropecuárias.

2.1.2 Sucessão Vegetal na Floresta Ombrófila Densa

A sucessão secundária é caracterizada por comunidades vegetais que ocupam áreas onde houve descaracterização da vegetação primária pela

intervenção humana, causada principalmente pela mineração, agricultura e pela pecuária (VELOSO *et al.*, 1991). Atualmente a maioria das formações florestais existentes são predominantemente secundárias, advindas do processo natural de regeneração (EWEL, 1983; RODERJAN *et al.*, 2002).

A sucessão nas regiões de ocorrência das florestas tropicais úmidas, geralmente inicia-se com o recobrimento do terreno degradado por plantas herbáceas e por arbustos de rápido crescimento. A rápida colonização das plantas pioneiras deve-se ao farto banco de sementes presente no solo e a dispersão imediata após a degradação. Após a fase de dominância de espécies herbáceas, segue um estágio com a dominância de espécies arbustivas e posteriormente de arbóreas. A diversidade nos estágios iniciais da sucessão pode ser muito alta (EWEL, 1983). Para uma formação aluvial de Floresta Ombrófila Densa no Paraná, entre os estágios inicial e médio de sucessão secundária, GATTI (2000) observou uma riqueza de 263 espécies distribuídas entre ervas terrícolas, árvores, arbustos, trepadeiras, hemiparasitas, hemiepífitas, epífitas vasculares e fetos arborescentes. Dentro de poucos anos, pequenos grupos de espécies arbóreas pioneiras de rápido crescimento formam um dossel contínuo. Após essa fase, a diversidade arbórea aumenta e a frequência e distribuição das espécies reflete a uma complexa interação entre a abundância de sementes, consumo, competição, herbivoria e as diferenças ambientais numa menor escala, tendendo cada vez mais a se aproximar das características originais de uma floresta madura (EWEL, 1983). SCHORN (2005), em estudo de fases sucessionais em Floresta Ombrófila Densa submontana em Santa Catarina, observou que os incrementos médios em diâmetro das espécies arbóreas diminuem com o desenvolvimento da vegetação. Segundo VITOUSEK e REINERS (1975), a incorporação de nutrientes na biomassa aumenta rapidamente no início do processo sucessional até chegar a um máximo, decaindo lentamente até um estágio de equilíbrio entre entradas e saídas. Esses autores também salientaram que a relação entre a biomassa foliar e a biomassa lenhosa diminui durante a sucessão.

O sistema da vegetação secundária foi subdividido em cinco fases sucessionais de acordo com seu grau de desenvolvimento. As fases iniciais (1^a a 3^a) são popularmente conhecidas como capoeirinhas, onde predominam desde

samambaias do gênero *Pteridium* e gramíneas do gênero *Paspalum*, até arbustos gêneros *Vernonia*, *Baccharis* e árvores de pequeno porte dos gêneros *Leandra*, *Miconia* e *Tibouchina* (VELOSO *et al.*, 1991). A 4^a fase já é considerada intermediária e é conhecida como capoeira, onde predominam espécies arbóreas de rápido crescimento, dos gêneros *Tibouchina*, *Myrsine*, *Cecropia* e *Trema* (VELOSO *et al.*, 1991; GATTI, 2000). Já a 5^o fase corresponde aos estágios mais avançados, compreendendo desde capoeirões até florestas secundárias. Nesse estágio as árvores ultrapassam 15 metros de altura e apresentam dossel bastante uniforme. Na floresta atlântica do sudeste e sul do Brasil são encontrados os gêneros *Cariniana*, *Virola*, *Hyeronima* e *Xylopia* e na fase mais evoluída da floresta secundária começam a aparecer *Ocotea catharinensis* e *Aspidosperma olivaceum* (VELOSO *et al.*, 1991; SEMA, 2002).

2.2 CICLAGEM DE NUTRIENTES

2.2.1 Ciclagem de Nutrientes em Florestas

Além dos principais elementos químicos que compõem a estrutura orgânica das plantas (C, H e O), existe uma grande variedade de outros elementos em várias formas químicas. Entre esses, os elementos químicos conhecidos como nutrientes (elementos biogênicos) são considerados essenciais para a vida. Devido a quantidade necessitada pelas plantas, são divididos em macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Mn, B, Cu, Zn, Mo e Cl) (BIDWELL, 1974). Os ciclos biogeoquímicos consistem nos movimentos dos elementos químicos do mundo abiótico, que seguem rumos característicos, transitando do ambiente para os organismos e vice-versa. Os elementos minerais que são absorvidos pelas plantas e pelos animais são transferidos de diversas maneiras e retornam ao ambiente após sua morte. Há duas principais vias dos elementos químicos na biosfera: a do ciclo biológico, que é um ciclo fechado, e a do ciclo geoquímico, que é um ciclo mais amplo (GOLLEY, 1983a; ODUM, 1988).

O ciclo biológico é composto pela absorção dos elementos químicos, predominantemente do solo, através das raízes das plantas e da atmosfera, pelo

consumo dos animais, pela retenção biológica de parte desses elementos (biossíntese) e pela sua restituição no solo através da deposição, decomposição da biomassa morta e da precipitação pluviométrica que arrasta os elementos da vegetação e de parte da atmosfera (KOEHLER, 1989; GOLLEY, 1983a).

Englobando o ciclo biológico, o ciclo geoquímico é aberto e compreende na importação e exportação dos elementos minerais, como um intercâmbio entre ecossistemas. As entradas de elementos químicos em determinado ecossistema podem se dar pela via atmosférica, através das precipitações úmida e seca, pela absorção de gases, incluindo fixação biológica do nitrogênio e pela decomposição e intemperização da rocha matriz (solo mineral). Já as saídas dos elementos ocorrem geralmente através das perdas de soluções por lixiviação através das águas de drenagem (rios), da volatilização de alguns elementos e também pela exploração humana através da remoção da biomassa (DUVIGNEAUD, 1980; VITOUSEK e SANFORD JR., 1986).

As taxas de ciclagem são controladas por fontes químicas na atmosfera e no solo, pela força dos processos biológicos e pelo ambiente, que influenciam a disponibilidade de água, a evapotranspiração e a intensidade da atividade biológica. A absorção e distribuição dos elementos influenciam fortemente a produção e distribuição da biomassa nas plantas e vice-versa. As estruturas das populações e das comunidades biológicas, bem como o comportamento perene ou decíduo das plantas, também interferem nas taxas de ciclagem (VOGT *et al.*, 1986; GOLLEY, 1983a; NOIJ *et al.*, 1993).

Considerável atenção vem sido dada ao papel das florestas no ciclo do carbono, pois este ciclo envolve produção, acumulação e mineralização de serapilheira e conseqüentemente o retorno de carbono para a atmosfera e da maior parte dos outros elementos para o solo. Tais processos são relativamente mais acessíveis à investigações das partes dos ciclos envolvidos (BROWN e LUGO 1982; SAMPAIO *et al.* 1993).

2.2.2 Ciclagem de Nutrientes em Florestas Tropicais

Segundo ANDRAE (1978), nos ecossistemas tropicais e subtropicais sobre solos antigos, onde a intemperização dos minerais primários é mais avançada, as florestas dependem cada vez mais da circulação dos nutrientes através de substâncias orgânicas. Assim, a mineralização e a humificação se tornam o motor do ciclo nutritivo. Em florestas primárias, quando não há grandes perdas por lixiviação e erosão causadas pelo desflorestamento, existe um equilíbrio entre a liberação de nutrientes pela decomposição da matéria orgânica morta e a absorção dos mesmos pelas plantas (VITOUSEK e REINERS, 1975; ANDRAE, 1978; GORHAM *et al.* 1979).

As florestas tropicais, quando oligotróficas, podem ser bem adaptadas à escassez de nutrientes no solo. Ao contrário das culturas anuais que diminuem o estoque de nutrientes disponíveis, a vegetação nativa das florestais tropicais pode apresentar diversos mecanismos de conservação dos nutrientes, tais como: alto aproveitamento do elemento químico (alta produção de matéria seca por unidade de nutriente), alta eficiência de retranslocação, grande longevidade das folhas, eficiente sistema radicial, com alto número de raízes finas, com utilização de micorrizas e com exsudação das próprias raízes, resultando em uma alta capacidade de absorção dos nutrientes (GOLLEY, 1983a; VOGT *et al.*, 1995). Geralmente esses mecanismos contribuem para maximizar o tempo de residência dos nutrientes na vegetação quando em solos de moderada a baixa fertilidade que predominam nos trópicos úmidos (VITOUSEK, 1984; JORDAN, 1985; VITOUSEK e SANFORD JR., 1986; NOIJ *et al.*, 1993). GOLLEY (1983a) verificaram em certos casos a ausência de alguns desses mecanismos de absorção, dependendo das espécies vegetais de cada ambiente estudado.

Diferente das florestas temperadas, em que os baixos níveis de nitrogênio geralmente são fatores limitantes ao crescimento da vegetação, nas florestas tropicais a indisponibilidade do fósforo parece interferir na produtividade da floresta, sendo esse elemento fortemente retranslocado antes da abscisão (VITOUSEK, 1984; WHITMORE, 1990; NOIJ *et al.* 1993). SILVER (1994) encontrou uma relação significativa entre a deposição de serapilheira e as concentrações de P no solo em

várias florestas tropicais úmidas em baixas altitudes, mas o autor justifica que existe uma carência de informações para afirmar se esse elemento é limitante na produtividade dessas florestas. Para o Ca, o autor encontrou uma relação mais fraca e para o N não houve relação. No entanto, SCOTT *et al.* (1992), em estudo em floresta amazônica em Roraima, mostraram que nem sempre o fósforo é um elemento limitante. Em florestas em solos pobres em macronutrientes, os autores encontraram alta produção de serapilheira, com elevados teores de macronutrientes, inclusive o fósforo, e rápida decomposição. A floresta também não pareceu possuir mecanismos de conservação de nutrientes. Segundo SANTOS (1989), o retorno de nutrientes ao solo se dá principalmente pela deposição do material orgânico (liteira ou serapilheira), pela lavagem foliar e das copas, pela lavagem por escoamento através do tronco, pela produção de exsudados pelas raízes e pela morte das raízes.

2.2.3 Produção de Serapilheira e Deposição de Nutrientes

Dentro de um ambiente florestal, uma das vias mais importantes da ciclagem é o aporte de nutrientes ao solo através da deposição da serapilheira, também conhecida como folheda ou liteira, que é constituída por folhas, ramos, órgãos reprodutivos, cascas, restos de animais e outros fragmentos. Esse material orgânico, em processo de decomposição, libera no solo seus nutrientes para que sejam reabsorvidos pelas plantas presentes na comunidade vegetal, garantindo parte da reposição e manutenção dos nutrientes e a produtividade do ecossistema (GOLLEY *et al.*, 1978; KOEHLER *et al.*, 1987). Tais processos são os mais acessíveis da trajetória dos elementos no setor biológico e seu ambiente imediato (MEGURO *et al.*, 1979). VITOUSEK (1982) propôs usar os nutrientes contidos na serapilheira depositada como uma medida para avaliar a eficiência nutricional das florestas como um todo.

A deposição de material orgânico, além de considerada como o mais importante modo de transferência de nutrientes da vegetação para o solo, permite a existência de uma grande variedade de nichos para a mesofauna e microorganismos do solo, sendo ainda fonte de colóides para o solo. A serapilheira exerce, também,

funções de isolante térmico, retentor de água e atenuador de efeitos erosivos no solo. A deposição deste material tem fundamental importância no desenvolvimento, conservação e restauração de solos alterados pela ação antrópica. Ainda, na serapilheira existe um banco de sementes que garante a regeneração das plantas (SANTOS, 1989; ALMEIDA, 2000).

Muitos estudos estimaram a produção de serapilheira em diversas regiões florestais do planeta, incluindo principalmente florestas tropicais e temperadas (BRAY e GORHAM, 1964; RODIN e BASILEVICH, 1967; VITOUSEK, 1982/1984; VOGT *et al.*, 1986; VITOUSEK e SANFORD JR, 1986; entre outros). No Brasil, informações para ambientes de Floresta Ombrófila Densa atlântica e ecossistemas associados foram publicadas recentemente por JACKSON (1978); OLIVEIRA e LACERDA (1987); VARJABEDIAN e PAGANO (1988); LEITÃO-FILHO *et al.* (1993); SAMPAIO *et al.* (1993); CUSTÓDIO-FILHO *et al.* (1996); DOMINGOS *et al.* (1997); MAZUREC e VILLELA (1998); MORAES *et al.* (1999); DOMINGOS *et al.* (2000), para as formações submontana e montana. Para a formação das terras baixas, são disponíveis os trabalhos de GAMA-RODRIGUES e BARROS (2002) e PINTO e MARQUES (2003). Para a formação altomontana, foi realizado o trabalho de Portes (2000). Nas formações pioneiras de influência marinha (restingas) foram desenvolvidos os estudos de RAMOS E PELLENS¹ citados por MORAES *et al.* (1999); BRITZ (1994); MORAES *et al.* (1999); BRITZ *et al.* (2005), entre outros autores. No entanto, são escassas as informações sobre a formação aluvial e seus estágios iniciais de sucessão secundária.

A produção anual média de serapilheira encontrada nesses trabalhos encontra-se na faixa de 7 t/ha/ano, sendo de 3,9 t/ha/ano para um trecho de restinga em São Paulo (MORAES *et al.*, 1999) até 9,46 t/ha/ano em floresta primária submontana no Rio de Janeiro (MAZUREC e VILLELA, 1998). Diferente de ambientes de Florestas Estacionais e de Floresta Ombrófila Mista em que a maior produção de serapilheira geralmente ocorre entre o inverno e o início da primavera (BRITZ *et al.*, 1992; CESAR, 1993; TOLEDO *et al.*, 2002; SOUSA, 2003), os meses

¹ RAMOS, M. C. L.; PELLENS, R. Produção de serapilheira em ecossistema de restinga de Maricá, estado do Rio de Janeiro. In: 3º SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA. Serra Negra, 1993. **Anais...** São Paulo: ACIESP, n. 87, p. 89-98, 1993.

de maior produção de serapilheira na Floresta Ombrófila Densa se concentram na primavera e no verão (BRITZ, 1994; CUSTÓDIO-FILHO *et al.*, 1996; MORAES *et al.*, 1999; PINTO e MARQUES, 2003, entre outros).

Entre os dados disponíveis na literatura, a soma dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg depositados anualmente pela serapilheira está entre 76 a 278 kg/ha/ano, respectivamente para restinga estudada por (MORAES *et al.*, 1999) e para um trecho de floresta montana, em São Paulo, estudada por DOMINGOS *et al.* (1997). Esses valores são menores comparando-se com os trabalhos em Ombrófila Mista submontana e aluvial, realizados por BRITZ *et al.* (1992) e SOUSA (2003), sendo respectivamente estimados 205 e 411 kg/ha/ano. Para florestas estacionais geralmente são observados valores ainda maiores, alcançando no estudo realizado por SOUZA e DAVIDE (2001), um valor de 645 kg/ha/ano.

2.2.3.1 Eficiência no uso do nutriente (índice de economia do nutriente)

A retirada de nutrientes das folhas senescentes e de outras partes da planta antes da abscisão permite que as plantas (em especial perenes e adultas) reutilizem a mesma unidade do nutriente na produção de fitomassa (CLARK², TURNER³, citados por VITOUSEK, 1982). A eficiência na utilização do nutriente é a razão entre a fitomassa produzida e a quantidade do nutriente presente nessa fitomassa. Esse índice indica que uma planta eficiente na utilização de determinado nutriente, produz serapilheira com baixas concentrações. A planta transloca grande parte do conteúdo do elemento antes da abscisão para continuar seus processos metabólicos (produção de fitomassa) reutilizando o mesmo elemento. Isto implica em uma economia de energia em situações em que há dificuldade de absorção ou baixa disponibilidade do elemento no solo. Quando também se têm informações sobre a precipitação pluviométrica que atravessa a vegetação e arrasta alguns elementos

² CLARK, F. E. Internal cycling of ¹⁵nitrogen in shortgrass prairie. **Ecology**. Durham, v. 58, p. 1322-1333, 1977.

³ TURNER, J. Effect of nitrogen availability on nitrogen cycling in a Douglas-fir stand. **For. Sci.** v. 23, p. 307-316, 1977.

para o solo, se têm a quantidade de cada elemento que se desloca da vegetação para o piso florestal anualmente. O K é movido em grande parte pela chuva e o Mg varia amplamente entre sítios. Já o N, o P e o Ca são depositados ao solo principalmente através da serapilheira, sendo então, elementos viáveis para o cálculo da eficiência dos seus usos pela vegetação (VITOUSEK, 1982; SILVER, 1994). A eficiência na produção de serapilheira por unidade de N é maior em florestas de coníferas que em florestas temperadas decíduas, que por sua vez, são mais eficientes que em florestas tropicais. Foi encontrada uma forte correlação entre a circulação do N na queda de serapilheira e a disponibilidade desse elemento (VITOUSEK, 1982), o que indica que as árvores tropicais de baixas altitudes parecem não retranslocar muito N das folhas antes da abscisão (sítios não oligotróficos). Tais informações indicam que as florestas tropicais (exceto as de maiores altitudes e algumas sobre solos arenosos) têm baixa eficiência no uso do N, porque esse apresenta altas taxas de circulação e decomposição. Estas florestas têm alta eficiência na economia do P (geralmente com deposição < 3 kg/ha/ano pela serapilheira), pois a deficiência deste elemento nos solos dessas florestas é geralmente mais comum do que em florestas temperadas. O P é pouco disponível na maioria das florestas tropicais, provavelmente porque os maiores produtos da intemperização química desses ambientes são sesquióxidos de Al e Fe, com baixa CTC (capacidade de troca catiônica), com substancial CTA (capacidade de troca aniônica) em solos mais antigos, ácidos e neutros (Latosolos e Argissolos) (UEHARA e GILLMAN⁴, citados por VITOUSEK, 1984; VITOUSEK e SANFORD JR., 1986). Tais argilas têm uma fortíssima afinidade pelo P, deixando-o indisponível por estar fortemente ligado. Se isto não ocorrer, o P pode ser lixiviado e, diferente do N, ele não pode ser fixado fortemente pela atmosfera. O P é um preditor da deposição de serapilheira na maioria das florestas tropicais. Também na maioria das florestas tropicais (por exemplo, sobre Latossolos e Argissolos) o Ca parece não ser utilizado eficientemente como nas florestas temperadas. (VITOUSEK, 1984).

A eficiência na economia de um dado elemento sustenta a possibilidade da limitação do nutriente no ambiente para a produção primária, enquanto que a

⁴ UEHARA, G; GILLMAN, G. **The mineralogy, chemistry, and physics of a tropical soils with variable charge clays.** Westview, Boulder, Colorado, USA, 1981.

ineficiência indica que seu suprimento para a vegetação é adequado (GRUBB, 1977; VITOUSEK, 1982 e 1984). Nesse conceito, a eficiência significa um melhor aproveitamento do nutriente na planta antes de seu descarte, quando existe uma baixa disponibilidade dele no ambiente e não uma maior produtividade.

SIDDIQUI e GLASS (1981) sugeriram multiplicar a razão pela biomassa para o cálculo da eficiência, tendo em vista que, comparando duas plantas jovens em experimento em laboratório, (pela razão não multiplicada pela fitomassa) uma pode ser erroneamente considerada mais eficiente devido a não absorção do nutriente, resultando em menor teor deste elemento e menor incremento na fitomassa.

2.2.4 Decomposição da Serapilheira e Liberação de Nutrientes

Segundo GRUBB (1995) e PRESCOTT (2005), as taxas de decomposição da serapilheira e de liberação de nutrientes no solo têm sido estudadas em uma ampla variedade de florestas, perfazendo muito mais que 1000 trabalhos já realizados no mundo, indicando a importância da decomposição na ciclagem de nutrientes dentro dos ecossistemas. Como resultado desses estudos, geralmente as florestas tropicais apresentam uma decomposição mais rápida do que em outros ecossistemas, resultando num menor acúmulo de matéria orgânica nos solos. Tais generalizações devem ser feitas com cautela, devido as peculiaridades dos diferentes ambientes e dos métodos de estudos utilizados (SWIFT e ANDERSON, 1989).

A maior parte da matéria orgânica acumulada na superfície do solo de uma floresta é constituída de material vegetal, transferido via deposição de serapilheira, embora excrementos e restos de animais estejam aí presentes. Dentre os componentes dessa manta orgânica, o material foliar é o mais significativo em quantidade de nutrientes orgânicos e inorgânicos (MEGURO *et al.*, 1979). A ciclagem dependerá da mineralização. A decomposição no proceso de mineralização depende do ambiente físico (temperatura, umidade, sazonalidade, fatores edáficos), da composição do recurso (teores de lignina, celulose, compostos fenólicos, elementos minerais, substâncias estimulantes ou alelopáticas no material

biológico) e conseqüentemente da comunidade dos organismos decompositores (microflora e fauna) (MEGURO *et al.*, 1980; SWIFT e ANDERSON, 1989).

Segundo MASON (1980), a decomposição pode ser dividida em três processos básicos: lixiviação, intemperismo e ação biológica. A lixiviação inclui a perda rápida de material solúvel do detrito pela ação de água de chuva, intemperismo é a ruptura mecânica dos detritos devido a fatores físicos, enquanto que ação biológica resulta da fragmentação e oxidação, exercida principalmente pela microflora. Esses organismos saprofíticos incluem bactérias (Actinomycetales, Eubacterales, Myxobacterales e Pseudomales) e fungos (Ascomycetos e Basidiomycetos). A microflora pode utilizar o material morto decompondo o substrato diretamente (oxidações, reduções, hidrólise e ressíntese) e/ou usando a energia para o crescimento, parasitando outros organismos, utilizando seus excrementos e/ou utilizando o substrato apenas como sítio de fixação. Numa folha geralmente ocorre uma sucessão de fungos, que pode começar até mesmo antes da abertura da gema na planta, sendo então substituídas por comunidades fúngicas típicas de serapilheira e de solo (SWIFT e ANDERSON, 1989). DIX e WEBSTER⁵, citados por GRANDI e GUSMÃO (2002), relataram os Hyphomycetes, como o grupo de fungos predominante na colonização da serapilheira. GRANDI e GUSMÃO (2002), durante levantamento desse grupo de fungos no folheto de *Tibouchina pulchra*, em floresta atlântica próxima da área do presente estudo, isolaram 22 espécies. Tais autores afirmaram que, devido a carência de estudos sobre o assunto e aos ambientes favoráveis a biodiversidade no Brasil, muitos fungos ainda serão descritos como novos e outros tantos terão sua ocorrência detectada na serapilheira.

No início do processo de decomposição ocorre um período inicial de lixiviação e as populações de microorganismos, desde protozoários, nematóides, ácaros e insetos crescem. Os componentes da serapilheira (principalmente celulose e lignina) são rompidos por ações enzimáticas e pela intemperização, enquanto que o conteúdo global de N aumenta. A fauna, predominantemente de invertebrados, invade o meio, alimentando-se de detritos, fragmentando-os em pequenas partículas, e da microflora. Cupins e sua microflora simbiótica podem digerir

⁵ DIX, N. J.; WEBSTER, J. W. **Fungal Ecology**. Chapman & Hall, London, 1995.

partículas orgânicas resultando numa dissipação de carbono, mas também numa imobilização deste e de outros elementos químicos. As fezes resultantes também são colonizadas pelos microorganismos. Outros animais que são predadores, controlam as populações de detritívoros, controlando o processo de decomposição da liteira. Neste processo há uma simplificação gradual da estrutura química do material original (MASON, 1980; GOLLEY, 1983b; SCHUBART *et al.*, 1984). Em resumo, a decomposição da serapilheira resulta no acúmulo da matéria orgânica do solo, na liberação seus nutrientes para a biota e na dissipação de parte do dióxido de carbono do solo, sendo um processo que mantém a fertilidade e produtividade do sítio.

Para as florestas tropicais úmidas, a decomposição é regida pelas propriedades físicas e químicas do material, como textura e conteúdo de lignina, tanino e de metabólitos secundários nas folhas (ALVAREZ-SÁNCHEZ e BECERRA, 1996; entre outros autores). EDWARDS (1977) em estudo em floresta submontana na Nova Guiné e TANNER (1981), em floresta altomontana na Jamaica, evidenciaram que quanto maior os teores de elementos minerais, em especial de N e P, maior a taxa de decomposição. No entanto, PALM e SANCHEZ (1990), comparando a decomposição de folhas de diferentes espécies de leguminosas, detectaram maior influência dos teores de compostos fenólicos no material do que dos teores de N ou lignina. Os autores sugeriram que o N ligado a estes compostos é de difícil decomposição.

GALVÃO *et al.* (1991) evidenciaram que, para a floresta Estacional Decidual estudada, a maioria das espécies de capoeira apresentou decomposição mais rápida que as espécies secundárias tardias. COLEY⁶, citado por SWIFT e ANDERSON (1989), registrou, na Costa Rica, que espécies pioneiras têm menos fibras, maiores teores de nitrogênio e menores de compostos fenólicos. Já EWEL (1976), em estudo em florestas deciduais na Guatemala, não encontrou diferenças significativas na velocidade de decomposição de diferentes sítios em diferentes fases sucessionais, mas encontrou indícios de decomposição mais lenta em áreas mais abertas, com pouca cobertura vegetal, geralmente ambientes mais secos e

⁶ COLEY, P. D. Herbivory and defensive characteristics of tree species in lowland rainforest. **Ecol. Monogr**, v. 53, p. 209-233, 1983.

hostis para organismos decompositores. GAMA e VILLELA (2003) registraram um atraso na decomposição em áreas sujeitas ao efeito de borda em um fragmento de floresta atlântica no Rio de Janeiro. WISNIEWSKI *et al.* (1997), em floresta atlântica no Paraná, e XULUC-TALOSA *et al.* (2003), em floresta semidecídua no México, registraram maiores taxas de decomposição para florestas secundárias mais avançadas do que em florestas mais jovens.

Apesar de algumas limitações, o método mais usado para avaliar a decomposição é através de bolsas de náilon (“nylon hairnets” ou “litter bags”) descrito por BOCOCK e GILBERT (1957). Esses autores utilizaram o princípio previamente utilizado por (FALCONER *et al.*⁷; LUNT⁸; GUSTAFSON⁹), que consiste no confinamento de quantidades conhecidas de material, as quais são colocadas no ambiente para se decompor, sendo retiradas em diferentes intervalos de tempo para estimar a perda de massa e de nutrientes.

Segundo ARUNACHALAM *et al.* (1998), o tamanho da malha das bolsas de decomposição deve ser pequeno o suficiente para prevenir maiores perdas do material, ainda que grande o suficiente para permitir a atividade microbiana aeróbica e a livre circulação de pequenos animais do solo. No entanto, esse tamanho exclui parte dos artrópodes e anelídeos maiores, os quais são importantes na decomposição primária da serapilheira, tornando o sistema dominado por cupins, bactérias e fungos. Como consequência, as taxas de decomposição podem ser subestimadas (WIEDER e LANG, 1982). No entanto, GAMA e VILLELA (2003), utilizando bolsas de malha com e sem aberturas de diferentes tamanhos, não encontraram diferenças na velocidade de decomposição foliar. TANNER (1981) também não encontrou diferenças entre dois experimentos de decomposição, um usando bolsas e outro não (“nylon fishing line”), utilizando folhas da espécie *Clusia havetioides* em floresta altomontana na Jamaica.

⁷ FALCONER, J. G.; WRIGHT, J. W.; BEALL, H. W. The decomposition of certain types of forest litter under field conditions. **Am. J. Botany**, v. 20, p. 196-203, 1933.

⁸ LUNT, H. A. Effect of weathering upon dry matter and composition of hardwood leaves. **J. Forestry**, v. 33, p. 607-609, 1935.

⁹ GUSTAFSON, F. G. Decomposition of the leaves of some forest trees under field conditions. **Plant Physiol.**, v. 18, p. 704-707, 1943.

DE VUONO *et al.* (1989), citando também o trabalho de VARJABEDIAN e PAGANO (1988), em São Paulo, salientaram a necessidade de mais investigações para saber se os baixos valores do índice K (razão instantânea de decomposição) encontrados para a serapilheira total ou foliar (entre 0,48 e 0,83) são característicos da floresta atlântica da região sudeste do Brasil. Nos estudos realizados por WISNIEWSKI *et al.* (1997) e PORTES (2001), realizados dentro desse bioma no Paraná, em formação das terras baixas e altomontana, os valores observados estão entre 0,44 e 0,71. Para um trecho de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, SOUSA (2003) estimou um valor médio para a razão K igual a 2. Esse autor considerou intermediário o valor obtido, comparando com valores de florestas tropicais.

Em estudo recente, PRESCOTT (2005) sugere que as estimativas da produção anual de serapilheira e dos limites máximos de decomposição (períodos iniciais em que este processo é mais intenso), podem fornecer maiores esclarecimentos a respeito dos fluxos de carbono e da ciclagem de nutrientes do que medidas de taxas de decomposição. Nesse trabalho a autora recomendou cautela para as generalizações realizadas nos trabalhos realizados sobre assunto, e que se dê mais importância em quais condições tais resultados são encontrados e salientou que se deve questionar a validade dos coeficientes de decomposição K para a predição de taxas de decomposição em longos períodos.

2.2.5 Precipitação Pluviométrica e Lixiviação das Copas

A distribuição geográfica das precipitações no planeta é determinada pela circulação geral da atmosfera e pela topografia local, particularmente pela disposição de montanhas e oceanos. A circulação de água na atmosfera é condicionada pela evaporação e pela transpiração das plantas. Mesmo quando o ar está supersaturado com vapor d'água, a condensação para a formação de gotas de água não ocorrerá, ao menos que pequenas partículas de aerossóis ou núcleos de condensação de nuvens estejam presentes. Para a chuva ocorrer é necessário que as gotas cresçam para ter massa o suficiente para sobrepujar as correntes ascendentes de ar e cair sem evaporar. A chuva é um dos principais agentes de limpeza de contaminantes

antropogênicos e naturais da atmosfera (MOLCHANOV, 1963, TUBELIS e NASCIMENTO, 1980; OSTAPCZUK, 1997).

Os íons na precipitação são originados de diversas fontes, incluindo emissões de sais marinhos (salsugem marinha), poeiras terrestres, gases poluentes e emissões vulcânicas (LIKENS *et al.*, 1977). ANDERSON e SPENCER¹⁰, citados por BRITZ (1994), indicam uma faixa entre 7 e 11% da deposição de elementos minerais via atmosfera (apenas deposição úmida), condicionando a ciclagem mineral a uma estreita dependência com o ciclo hidrológico, sendo o segundo processo mais importante na restituição de nutrientes ao solo. Na literatura foram encontrados valores entre 2,1 e 8,2 kg/ha/ano de K depositados pela água da chuva, respectivamente nos trabalhos de SANTOS (1989) e SCHUBART *et al.* (1984). Para o Ca, os valores encontrados estão entre 2,9 e 19 kg/ha/ano, respectivamente nos trabalhos de ARCOVA e CICCIO (1987) e DOMINGOS *et al.* (1995). Para a deposição de Mg pela água da chuva, os valores estão entre 0,9 e 7,9 kg/ha/ano, observados respectivamente por COUTINHO *et al.* (1979) e BRITZ (1994). COUTINHO *et al.* (1979) também encontraram baixos valores para o Na depositado pela precipitação (3,5 kg/ha/ano). SILVA FILHO *et al.* (1986) estimaram altos valores deste elemento (26 kg/ha/ano).

Apesar da intemperização de minerais primários ser considerada a maior fonte para a formação do estoque de nutrientes em ecossistemas terrestres, em muitos ambientes tropicais com solos altamente intemperizados, onde remanescem poucos minerais não intemperizados na profundidade das raízes, o fluxo de nutrientes via atmosfera torna-se a maior fonte de nutrientes (KELLMAN *et al.*, 1982; SCHRUMPF *et al.* 2006). Esses nutrientes encontram-se sob a forma de gases ou de aerossóis secos ou integrando partículas finas como pó ou pólen e são arrastados pela precipitação, dissolvidos ou em suspensão. Os aerossóis e a poeira podem ainda se depositar sobre a vegetação pela ação da gravidade (sedimentação) ou serem carregados pelo vento (impactação), ambos os casos considerados como “deposição seca”. A precipitação interna, composta pela água da

¹⁰ ANDERSON, J. M.; SPENCER, T. Carbon, nutrient water balances of tropical rain forest ecosystems subject to disturbance, management implications and research proposals. **Mab Digest**, Paris, n. 7, UNESCO, 1991.

chuva que atravessa o dossel e a água de escoamento dos troncos, contém alta concentração da maioria dos nutrientes, pois além de arrastar as partículas da atmosfera e aquelas depositadas sobre a vegetação, também lixivia órgãos vegetais vivos ou mortos, exsudados das plantas, excrementos e cadáveres de animais menos a porção retida (troca de íons) ou adsorvida e absorvida durante a trajetória (CLAYTON, 1972; SCHRUMPF *et al.*, 2006). MEGURO *et al.* (1979b) estimaram 126 kg/ha/ano de K na água de precipitação interna, em floresta decídua em São Paulo, sendo o valor mais encontrado pela revisão de literatura. DOMINGOS *et al.* (1995) estimaram 41 kg/ha de Ca depositados anualmente neste tipo de precipitação, em floresta Atlântica, em São Paulo. BRITZ (1994) encontrou valores de 14 kg/ha de Mg depositados anualmente pela precipitação interna em restinga no Paraná. LIMA (1986) estimou uma deposição anual de Na de 25,5 kg/ha, pela precipitação interna em Cerradão em São Paulo. Segundo HANSEN¹¹ citado por MARQUES e RANGER (1998) as maiores concentrações de elementos na água ocorrem no início do evento de precipitação. Apesar de concentrações elevadas na água que escoam pelos troncos, o volume por este processo é extremamente pequeno comparado à água que atravessa o dossel, geralmente menor que 1% da precipitação total (EDWARDS, 1982, ARCOVA e CICCIO, 1987, ARCOVA *et al.*, 2003, SCHRUMPF *et al.*, 2006, entre outros autores). Ao chegar ao nível do solo a água é filtrada no horizonte orgânico. Esse “lixiviado” da serapilheira é o que contém as mais altas concentrações de nutrientes, pois a estes se adicionam os nutrientes liberados pela decomposição da serapilheira. Grande parte dos nutrientes é absorvida pela vegetação. A parte da solução que penetra no solo, geralmente com teores de elementos mais baixos, é exportada para o lençol freático e conseqüentemente para a bacia de drenagem (SANTOS, 1989).

MEGURO *et al.* (1979b) demonstraram que a precipitação ao atravessar a vegetação, sofre um pequeno aumento do pH, reduzindo a acidez.

Segundo GRUBB (1995), poucos estudos têm avaliado a ciclagem de nutrientes através da água da chuva que atravessa o dossel da floresta e da que escorre pelos troncos das árvores. Segundo uma listagem de VITOUSEK e

¹¹ HANSEN, K. Throughfall and canopy interactions in spruce forest. *Forskninsserien*, n. 8, Danish Forest and Landscape Research Institute, Lyngby. Denmark. XI, 1994.

SANFORD JR. (1986), são escassas as pesquisas que quantificaram os valores de N, P, K, Ca e Mg. A água que atravessa a vegetação tem fundamental importância no retorno imediato de nutrientes no solo dos ecossistemas, pois geralmente essa água acrescenta mais da metade do K em circulação, mais que um terço da quantidade de P e Mg, mas acrescenta muito menos que um terço de N e Ca. Isso significa que para alguns elementos, o processo da lavagem da vegetação pela água da chuva pode ser mais efetivo que a própria deposição da serapilheira na ciclagem biogeoquímica de ecossistemas florestais (ARCOVA e CICCIO, 1987). Em florestas em sucessão, a entrada de nutrientes pela precipitação pode exceder a saída por lixiviação, desde que a biomassa e suas reservas de nutrientes estejam aumentando (VITOUSEK e REINERS, 1975; JORDAN, 1982). Isso também pode ocorrer em ambientes considerados não sucessionais, como florestas maduras com flutuações nas entradas e saídas a curto e médio prazo (árvores caídas são compensadas por ganhos em outros períodos) e que o intemperismo da rocha mãe não desempenha um papel relevante na reposição (em especial do Ca), que parece o caso das florestas amazônicas de terra firme estudadas por JORDAN (1982) e SCHUBART *et al.* (1984). Isto significa que a água da chuva parece ser suficiente para repor suas perdas de nutrientes pelos rios. SILVA-FILHO *et al.* (1986), estudando o balanço de nutrientes em floresta atlântica no Rio de Janeiro, encontraram maiores entradas pela precipitação atmosférica de K, Ca e Mg do que saídas desses elementos pelo deflúvio e uma maior saída para o Cl e Na. Os autores afirmaram que o grupo com balanço positivo apresenta um tempo mais longo de residência no ecossistema (maior que 10 anos) de modo que as flutuações dos fluxos de entrada e saída não comprometem o estoque do elemento durante determinado período. Esses autores também constataram que a maior parte do Na, Mg e Cl na chuva são de origem marinha, sendo que o K e o Ca são de origem continental (exsudados das plantas e poeiras terrestres). Considerando que o Cl é de origem marinha, as razões dos cátions em relação a ele na água das chuvas, se mantém na proporção do mar. Esses autores estimaram para seu local de estudo que 100% do Na, 53% do Mg, 21% do K e 16% do Ca provém da atmosfera.

2.2.5.1 Considerações sobre amostragem, estocagem e preparo das amostras

CLARKE (1986) fez uma revisão da literatura sobre medidas de processos de interceptação da água da chuva por florestas e encontrou uma variação muito grande entre métodos e entre os resultados encontrados. O autor preconiza o aperfeiçoamento de técnicas de medidas no campo.

ALLEN *et al.* (1968) e GORE (1968), em estudos dos nutrientes contidos na água da chuva em vários sítios na Grã Bretanha, relataram que as principais fontes de contaminação das amostras foram: a) presença de insetos e de fragmentos de plantas nos funis, a qual não pareceu ser tão relevante; b) a contaminação por fezes de pássaros, que foi um problema mais sério. JORDAN (1982) detectou 16% de evaporação nos pluviômetros. Afirmou que os coletores expostos no campo também interceptam aerossóis por deposição seca, e que os nutrientes liberados pelas algas dentro dos coletores, podem ser derivados do ar ou de própria água que entraram no recipiente.

GORE (1968), lavando os funis coletores de polietileno com esponja e água destilada e outros com clorofórmio, verificou uma aderência nas paredes dos funis de 1% para o N e Na, 2% para o Mg, 6% para o Ca e K e 12% para o P. No entanto, JORDAN (1982) registrou que a lavagem dos coletores com ácidos expõe superfícies limpas para troca de nutrientes (retira o equilíbrio da parede interna do recipiente). MURPHY e RILEY¹², citados por EDWARDS (1982), relataram que o desaparecimento do PO₄ em soluções armazenadas em recipientes plásticos, provavelmente resultado da atividade de microorganismos, é um fato bem conhecido. EDWARDS (1982) relatou que a limpeza dos recipientes do seu experimento com HNO₃ concentrado, recuperou em média 90% do total do elemento que estava retido nas paredes dos frascos. Já para o K, Ca e Mg esta retenção foi menor que 5%. Esse autor conseguiu extrair 57% do total de N total que estava retido nos frascos, através da agitação da solução com H₂SO₄ e peróxido de hidrogênio. O autor também afirma que vários preservativos têm sido usados,

¹² MURPHY, J.; RILEY, J. P. The storage of sea water samples for the determination of dissolved inorganic phosphate. **Analytica Chimica Acta**, v. 14, p. 318-319, 1956.

incluindo tolueno, clorofórmio e 1:2 dicloroetano para prevenir a remoção do PO_4 , mas que esta prática geralmente torna difícil a interpretação dos resultados. SCHRUMPF *et al.* (2006) limpam seus funis após cada coleta e os recipientes pelo menos duas vezes por ano, utilizando-se de escova e água deionizada. Estes autores utilizaram além de telas plásticas, bolinhas de tênis de mesa nos funis para evitar a evaporação da água coletada. Também filtraram suas amostras de água em papel filtro de 2 μm , envolvendo nas análises, partículas maiores que as de trabalhos que utilizaram papéis filtro com poros menores.

LEMÉE¹³, citado por MEGURO *et al.* (1979b), adicionou cristais de timol ($\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{O}$) nos coletores para impedir o desenvolvimento de microorganismos. Este produto também foi utilizado nos trabalhos de MEGURO *et al.* (1979b), SANTOS (1989) e BRITZ (1994).

JORDAN (1982), em estudo do balanço nutricional em floresta de terra firme na amazônia venezuelana, utilizou 5 μL de fenilacetato de mercúrio, a cada semana, nos coletores para a prevenção do desenvolvimento de algas e microorganismos.

KELLMAN *et al.* (1982) lavaram seus coletores com água destilada e adicionaram clorofórmio nas amostras coletadas (0,5 mL/100 mL) e as armazenaram na sombra a 20° C. Foram realizadas análises químicas (Ca, Mg, K, Na, PO_4 e NO_2 + NO_3 -N) das mesmas amostras em diferentes tempos de estocagem entre (0 - 90 dias) e as diferenças nos teores encontrados foram muito pequenas.

ALLEN *et al.* (1968) submeteram suas amostras à digestão ácida para incluir o material em suspensão na solução. BRITZ (1994) utilizou 1mL de HNO_3 concentrado para preservar cada 2 L de amostra. DOMINGOS *et al.* (1995), acidificaram com HNO_3 concentrado 1:1000, além de filtrarem as amostras, para a determinação de PO_4 , K, Ca, Mg e SO_4 . SANTOS (1989) preservou suas amostras com a adição de H_2SO_4 (0,5N), quando destinadas à determinação de espécies químicas nitrogenadas e com a adição de HNO_3 (0,5N) quando a dosagem de componentes químicos, de acordo com instruções do Laboratório de Química

¹³ LEMÉE, G. Recherches sur les écosystèmes des réserves biologiques de la forêt de Fontainebleau. IV – Entées d'éléments minéraux par les précipitations et transfert au sol par le pluviolavage. *Oecologia Plantarum*, v. 9, p. 187-200, 1974.

Analítica do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) em Piracicaba, São Paulo. JORDAN (1982), passando as amostras em filtro de 0,45 μm , submetendo-as à digestão ácida e à análise dos filtros, encontrou que menos de 0,1% dos nutrientes ($\text{PO}_4\text{-P}$ e cátions dissolvidos) da precipitação externa e da água do solo em maior profundidade foram movidos com material em suspensão.

OSTAPCZUK (1997) afirma que frequentemente é recomendado a filtração (papel filtro com poro de 0,45 μm) para a determinação de elementos traço, pois partículas insolúveis podem interagir com estes elementos dissolvidos. Pode também haver atividade biológica podendo mudar as concentrações das amostras. O autor recomenda acidificar as amostras para pH 1 somente depois da filtração para a determinação de elementos traço. Se somente os ânions SO_4 , NO_3 , Cl, e também os cátions Na, K, Mg e Ca forem determinados, somente a filtração e armazenagem a 4°C é suficiente por várias semanas. Para as análises de elementos traço (geralmente poluentes) é necessária a digestão ácida. Quando a amostra é filtrada, é também necessária a digestão do filtro com o material retido. Este autor afirma que ainda não existe um método seguro que determine os valores exatos dos elementos na precipitação.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1.1 Localização

A área de estudo está situada em uma formação aluvial, a aproximadamente 20 m s.n.m., na Reserva Natural Salto Morato (RNSM), Guaraqueçaba, litoral norte do Paraná, no domínio da Floresta Ombrófila Densa (VELOSO *et al.*, 1991), nas coordenadas 25°10'45"S e 48°17'48"W (Figura 1). A RNSM é uma Reserva Particular do Patrimônio Natural da Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, que em 1999 foi reconhecida como um Patrimônio Natural da Humanidade pela UNESCO. A região é de vocação natural para a conservação da natureza, pois engloba parte do maior remanescente contínuo de Floresta Atlântica em bom estado de conservação, juntamente com o litoral sul de São Paulo (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 1998). Essa zona de uso especial contém áreas consideravelmente alteradas pelo homem. Os processos de regeneração poderão ser acelerados pelo manejo da área após investigações científicas que demonstrem a necessidade de tal intervenção (FBPN, 1995). A área específica compreende sete hectares, onde a comunidade vegetal foi investigada por este estudo durante o nono e décimo ano de regeneração após o abandono da bubalinocultura. Antes disso, a floresta havia sido derrubada e a área utilizada para cultivos agrícolas.

3.1.2 Caracterização do Clima

O clima na região, segundo Köppen, é Cfa; ou subtropical, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22°C, com verões quentes, geadas pouco freqüentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Os índices pluviométricos ultrapassam 2000 mm (IAPAR 2005). No entanto, MAACK (1968), apesar de encontrar valores levemente abaixo de 18°C (de

17 a 17,5°C) para a temperatura média do mês mais frio, em observações meteorológicas entre 30 e 60 anos, na estação meteorológica de Paranaguá, preferiu considerar o litoral como de clima tropical Af (acrescentando a letra t, por representar transição), justificando apresentar as mesmas condições fisiográficas do litoral paulista entre Santos e Cananéia. Através dos dados meteorológicos históricos de Guaraqueçaba disponibilizados pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2006), foi elaborado o diagrama climático apresentado na Figura 1. É possível notar basicamente a ausência de período seco e a predominância de um clima superúmido (precipitação > 100 mm). No Anexo 1 constam os valores da precipitação pluviométrica (em mm) na área de estudo na RNSM, no município de Guaraqueçaba, PR, e as variáveis meteorológicas cedidas pelo Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) durante o período entre 23/09/2001 e 21/09/2003, dados da estação do IAPAR, em Guaraqueçaba.

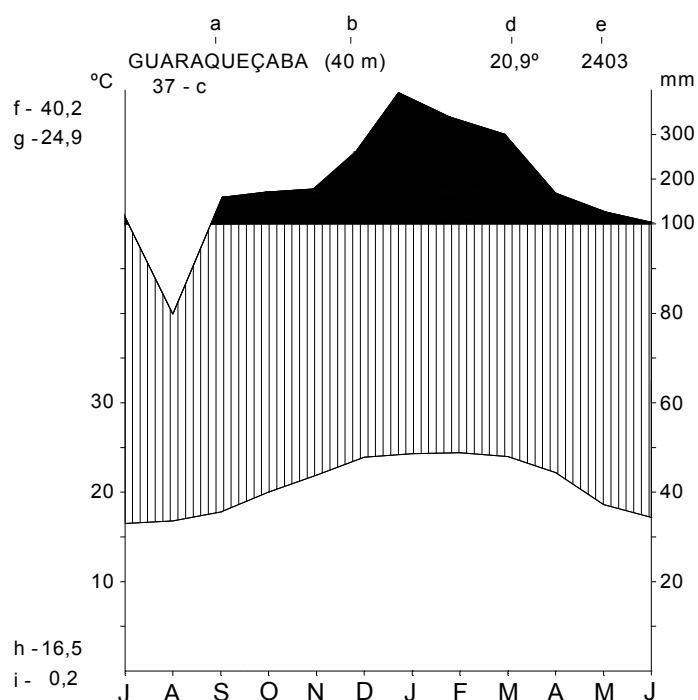


FIGURA 1 - DIAGRAMA CLIMÁTICO CONSTRUÍDO SEGUNDO WALTER (1986). DADOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO IAPAR, EM GUARAQUEÇABA, PR; PERÍODO ENTRE 1978 E 2005

NOTA: traço inferior: curva de temperatura média; traço superior: curva de precipitação pluviométrica; hachura vertical: estação relativamente úmida; hachura escura: estação superúmida, precipitação média mensal > 100 mm (escala reduzida a 1/10); a: estação meteorológica; b: altitude; c: n° de anos de observação; d: temperatura média anual; e: precipitação média anual; f: temperatura máxima absoluta; g: temperatura média diária do mês mais quente; h: temperatura média diária do mês mais frio; i: temperatura mínima absoluta.

3.1.3 Caracterização Geomorfológica

Na Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba ocorrem dois domínios geológicos principais: o das rochas do embasamento, ou escudo, e diques juro-cretáceos associados, e o da cobertura sedimentar cenozóica. Os sedimentos Cenozóicos da região litorânea foram agrupados em dois tipos principais: continentais e costeiros, com idades desde o Mioceno Inferior até o Holoceno, incluindo os ambientes de sedimentação atuais. Dentre os sedimentos continentais incluem-se a formação Alexandra, os leques e cones aluviais, talús, colúvios e sedimentos fluviais (ANGULO, 2004). Entre esses sedimentos (areias, lamas, argilas, cascalhos, com seixos de quartzo, granito, gnaiss, xisto e diabásio) os de origem fluvial, abrangem as planícies de inundação, barras em pontal, meandros e canais abandonados e diques marginais (IPARDES, 2001).

Nas serras, os rios são encaixados, com padrão retilíneo e com planícies aluviais estreitas. Na planície costeira, o tamanho entre a planície aluvial e o canal fluvial é desproporcional. Isto parece ter sido originado pelo grande entalhe vertical dos rios durante os períodos de mar baixo e o afogamento subsequente durante as transgressões (IPARDES, 2001; ANGULO, 2004).

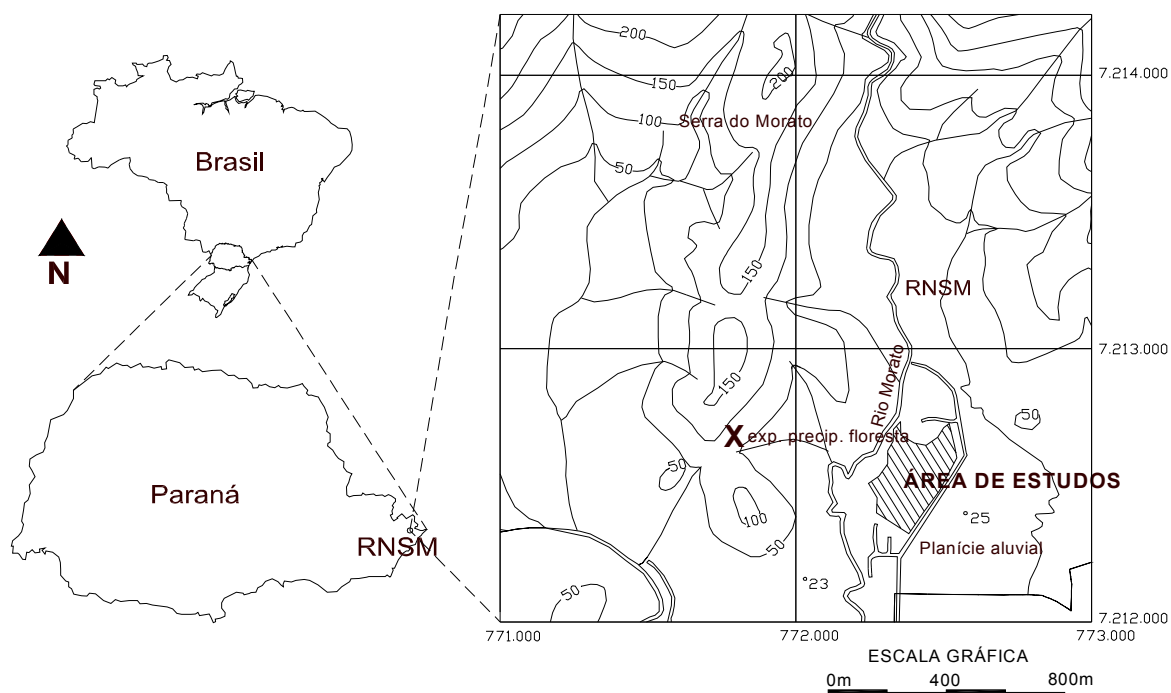


FIGURA 2 - MAPAS DE LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS ÁREAS DE ESTUDOS (RESERVA NATURAL SALTO MORATO) NO MUNICÍPIO DE GUARAPUÁ, PR

NOTA: mapa superior, adaptado de FBPN (2001). Mapa inferior, montado pelas imagens disponíveis no programa Google Earth (2005).

A RNSM possui quatro ambientes geológicos: Complexo Pré-Setuva (fácies anfíbolito a granulito; Arqueano); Complexo Migmatítico (fácies xisto verde a anfíbolito; Proterozóico Superior); Suíte Granítica de Anatexia (granitóides embrechíticos sintectônicos e Brasilianos; Proterozóico Superior/Paleozóico Inferior) e Sedimentos Recentes (sedimentos inconsolidados; Cenozóico). Estes últimos correspondem a depósitos coluviais, e na área específica, principalmente depósitos fluviais (aluviões). Os aluviões são compostos basicamente de areias, cascalhos, argilas, siltes e matéria orgânica, onde a granulometria das areias varia de fina a média, por vezes grosseira, e os cascalhos são compostos por seixos de variada litologia (FBPN, 1995; MINEROPAR, 2001).

A região em questão está situada na bacia do rio Morato, uma sub-bacia do rio Guaraqueçaba, pertencente à bacia hidrográfica das Laranjeiras. As linhas de drenagem são jovens e ainda apresentam elevado gradiente de velocidade. Existe um grande potencial de erosão, considerando a proximidade de suas cabeceiras com o oceano ou nível de base, apesar de que na tomada das planícies aluviais, os rios desenvolvem feições do tipo canais anastomosados (FBPN, 1995).

3.1.4 Caracterização da Vegetação e das Fisionomias

A área do estudo situa-se em uma planície aluvial, com uma distribuição de unidades pedológicas muito variável, formando um mosaico (FBPN, 1995). Segundo MOCOCHINSKI *et al.* (2003), em levantamento de solos no mesmo local, existe uma grande instabilidade das condições geomorfológicas, em função de pequenas inundações periódicas que podem ocorrer, geralmente entre dezembro e março. No trabalho desses autores, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), foi constatada a predominância de Neossolos Flúvicos (típico e gleico) e de Cambissolos Hísticos, ocorrendo sob a vegetação com um maior grau de desenvolvimento, com dominância de árvores e arbustos. Já nos locais onde a sucessão vegetal parece ser muito mais lenta, com predomínio de plantas herbáceas, ocorrem preferencialmente Organossolos e Neossolos Litólicos (situação não estudada no presente trabalho). Nos Anexos 2 a 4 estão apresentadas as análises químicas e granulométricas e atributos diagnósticos dos solos presentes

nas duas fisionomias de capoeira, segundo relatório apresentado por GATTI *et al.* (2004). Na Tabela 1 constam médias dos resultados das análises químicas do horizonte A do solo de cada uma das 10 parcelas de cada fisionomia de capoeira. Nota-se que, quimicamente, os horizontes A(s) dos solos das fisionomias pouco diferem. As duas fisionomias são dominadas por Neossolos Flúvicos (típico e gleico) e Cambissolos Hísticos, ambos com textura média, não sendo possível separá-las por classe de solo.

TABELA 1 - MÉDIA DE RESULTADOS DE ANÁLISES QUÍMICAS DOS SOLOS SOB AS PARCELAS DE CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR

Fisionomia	pH		P mg/dm ³	Na	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al ³⁺	S	CTC	V%	M.O. g/dm ³
	CaCl ₂	H ₂ O											
1	4,15	4,90	0,39	26,50	0,12	1,33	0,86	1,92	8,27	2,42	10,69	22,64	49,44
2	4,14	4,89	0,39	22,60	0,09	1,38	0,94	1,91	9,93	2,51	12,44	20,18	45,08

NOTA: dados cedidos pelo "Projeto Sucessão"; (n = 10); S = soma de bases (Na + Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺); CTC = capacidade de troca catiônica (= S + (H+Al³⁺)) e V = percentagem de saturação por bases (= 100*S/CTC). Amostras dos horizontes A(s) dos solos, profundidade variando entre 10 e 40 cm.

Segundo GATTI (2000), apesar da mesma idade de regeneração (dez anos), na área estudada existem ambientes em diferentes velocidades de regeneração, influenciados provavelmente pela morfologia do solo, sua saturação hídrica e nível de degradação, e também pela presença de densos agrupamentos de espécies exóticas invasoras com alto potencial competitivo, como *Brachiaria* spp.

Esse experimento foi instalado junto às parcelas permanentes de acompanhamento fitossociológico realizado pela equipe do projeto (dados não publicados; Anexo 5). Em função da área basal, a área do estudo foi separada em duas fisionomias:

Fisionomia 1: fisionomia de capoeira mais desenvolvida - de acordo com a classificação de sucessão secundária proposta por KLEIN (1980), a vegetação pode ser enquadrada como "capoeira". Essa área localiza-se a aproximadamente 500 m de uma floresta secundária submontana avançada, fonte de propágulos. No levantamento fitossociológico realizado, foram encontradas 36 espécies lenhosas,

apresentando uma densidade de 2820 indivíduos/ha e uma área basal de 22,2 m²/ha; perímetro à altura do peito (PAP) > 10 cm. Nessa fisionomia predominam indivíduos arbóreos com altura média de oito metros, ocorrendo *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. Ex Roem. & Schult., *Senna multijuga* (Rich.) H. S. Irwin & Barneby, *Cecropia pachystachya* Trécul, *Tibouchina pulchra* Cogn., *Psidium guajava* L. (exótica) e remanescentes de *Citharexylum myrianthum* Cham., freqüentemente formando um dossel contínuo. Dentre as espécies arbustivas são importantes *Piper aduncum* L., *Boehmeria caudata* Sw. e *Solanum fastigiatum* Willd.. As principais espécies herbáceas ocorrentes na área são: *Vernonia scorpioides* (Lam.) Pears., *Manettia congesta* (Vell.) K. Schum., *Rubus rosifolius* Stokes var. *rosifolius*, *Clidemia hirta* D. Don, entre outras. Nessa fisionomia ocorrem indivíduos jovens de espécies arbóreas que provavelmente irão dominar a comunidade no próximo estágio sucessional, como *Hyeronima alchorneoides* M. Allem., *Vochysia bifalcata* Warm., *Matayba* sp., *Cordia sylvestris* Sw., *Euterpe edulis*, *Hirtella hebeclada* Moric. ex DC., entre outras.

Fisionomia 2: fisionomia de capoeira menos desenvolvida – no levantamento fitossociológico realizado foram encontradas 24 espécies lenhosas e as estimativas dos parâmetros estruturais como densidade e área basal foram menores que as da fisionomia 1, respectivamente 1130 indivíduos/ha e 6,7 m²/ha. Nessa área os indivíduos arbóreos encontram-se esparsamente distribuídos, raramente formando um dossel contínuo. Tal situação provavelmente se deve ao nível de degradação um pouco mais intenso ou de abandono mais tardio do uso da terra. A área situa-se mais próxima de uma estrada de acesso (limite leste), resultando em um efeito de borda (Figura 2). Como já comentado, as duas fisionomias apresentam as mesmas classes de solo e horizonte (A) quimicamente semelhante (Tabela 1). Entretanto, mais próximo da fisionomia 1 há uma predominância de solos com intensa hidromorfia e freqüentemente a regeneração de espécies arbóreas e arbustivas é dificultada pela presença de espécies de gramíneas exóticas (*Brachiaria* spp.) introduzidas no passado para a alimentação de búfalos (GATTI, 2000). Espécies arbustivas como *Vernonia beyrichii* Less., *Solanum fastigiatum* Willd., *Stachytarpheta maximiliani* Schranke e *Miconia cinerascens* Miq. var. *robusta* são freqüentes. As

herbáceas predominantes são *Vernonia scorpioides* (Lam.) Pers., *Paspalum wettsteinii* Hack., *Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf.

Floresta Secundária Avançada - somente para o estudo da precipitação, foi escolhido também um trecho de uma floresta secundária em estágio avançado de desenvolvimento. A escolha dessa área teve o objetivo de comparar com a fisionomia 1 da capoeira, os valores de interceptação e de adição de nutrientes depositados pela precipitação interna. Como não foi possível encontrar uma formação aluvial em estágio mais avançado, foi selecionado um trecho de floresta submontana, situado a aproximadamente 500 m da capoeira de estudo (Figura 2). Essa área, com provavelmente mais de 50 anos de idade, situa-se em uma encosta com exposição sul, com aproximadamente 30° de declividade e com a altitude de 80 m s.n.m.. É comum a presença de indivíduos remanescentes de *Ficus* spp., atingindo mais de 20 m de altura, além de indivíduos de outras espécies como *Alchornea triplinervia*, *Sloanea guianensis*, *Eugenia multicostata*, *Vochysia bifalcata*, *Hyeronima alchorneoides*. Nos estratos inferiores são comuns indivíduos de *Euterpe edulis*, *Bathysa meridionalis* e *Psychotria nuda*. Os solos são Cambissolos e Neossolos Litólicos.

3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

3.2.1 Produção de Serapilheira e Deposição de Nutrientes

A deposição de serapilheira (exceto de herbáceas terrícolas), foi estimada através de 60 coletores circulares, constituídos de mangueira de polietileno (3/4"), formando um aro com área de 0,5 m² (80 cm de diâmetro); onde foi costurada uma tela de náilon (malha de 2mm) (Figuras 7, 8 e 9). Em cada uma das duas fisionomias da capoeira foram escolhidas dez parcelas de 100 m² (distribuídas aleatoriamente em estudo fitossociológico já realizado na área), sendo instalados três coletores em cada (Figuras 5 e 6). Em coletas a cada 14 dias (durante o período entre 23/09/2001 e 21/09/2003), o material que foi depositado nos três coletores de cada parcela foi agrupado em um saco plástico etiquetado, totalizando 20 amostras por coleta (dez para cada fisionomia de capoeira). Após secagem prévia, essas amostras de serapilheira foram triadas nas frações ramos (≤ 2 cm de diâmetro), órgãos de reprodução, folhas e miscelânea. A fração folhas foi separada em oito subfrações, sendo sete relativas às espécies com maior importância fitossociológica ou grande relevância ecológica (*Myrsine coriacea*, *Alchornea glandulosa* Poepp., *Psidium guajava*, *Senna multijuga*, *Cecropia pachystachya*, *Tibouchina pulchra* e *Citharexylum myrianthum*) e uma subfração relativa às folhas das demais espécies da comunidade. O material triado foi acondicionado em sacos de papel e secado em estufa à 65°C, até peso constante. Cada fração foi pesada em balança com a precisão de 0,01g. Sazonalmente, as amostras compostas de serapilheira foram moídas em moinho de facas e homogeneizadas. Para fazer a estimativa da deposição de nutrientes com a serapilheira, o material foi submetido à análise química, determinando-se os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), micronutrientes (Cu, Fe, Zn, Mn) e Al.



FIGURA 3 - VISTA ÁEREA ENGLOBALANDO AS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA, NA RESERVA NATURAL SALTO MORATO, MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR

NOTA: A fisionomia menos desenvolvida ocorre predominantemente mais próxima da estrada.

Fotos: Gustavo Gatti/Projeto Sucessão

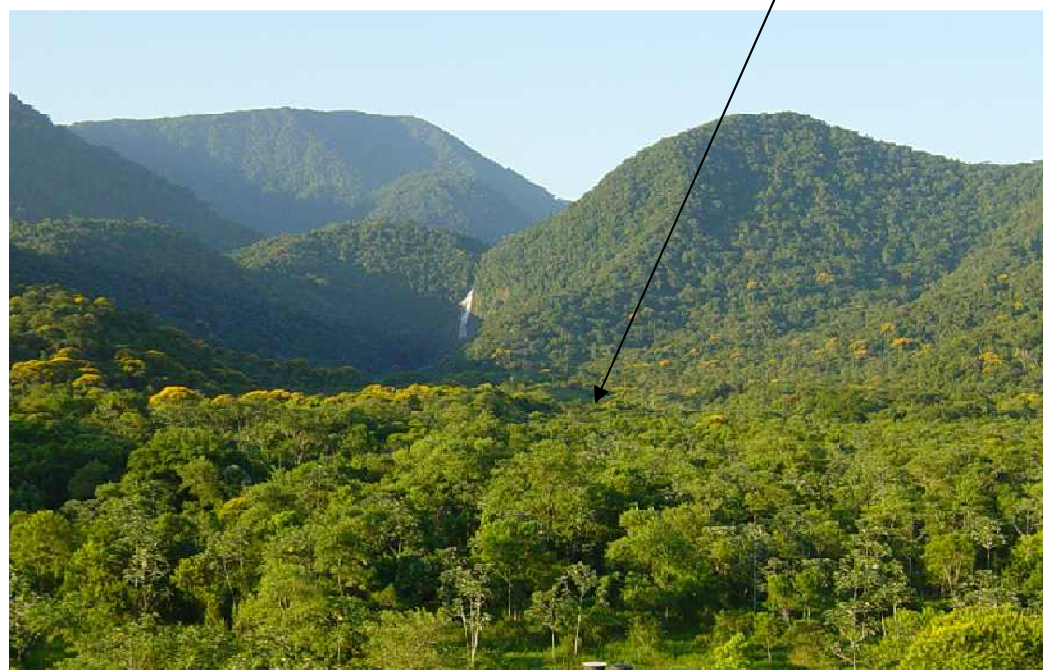


FIGURA 4 - VISTA ÁEREA ENGLOBALANDO AS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA, NA RESERVA NATURAL SALTO MORATO, MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR

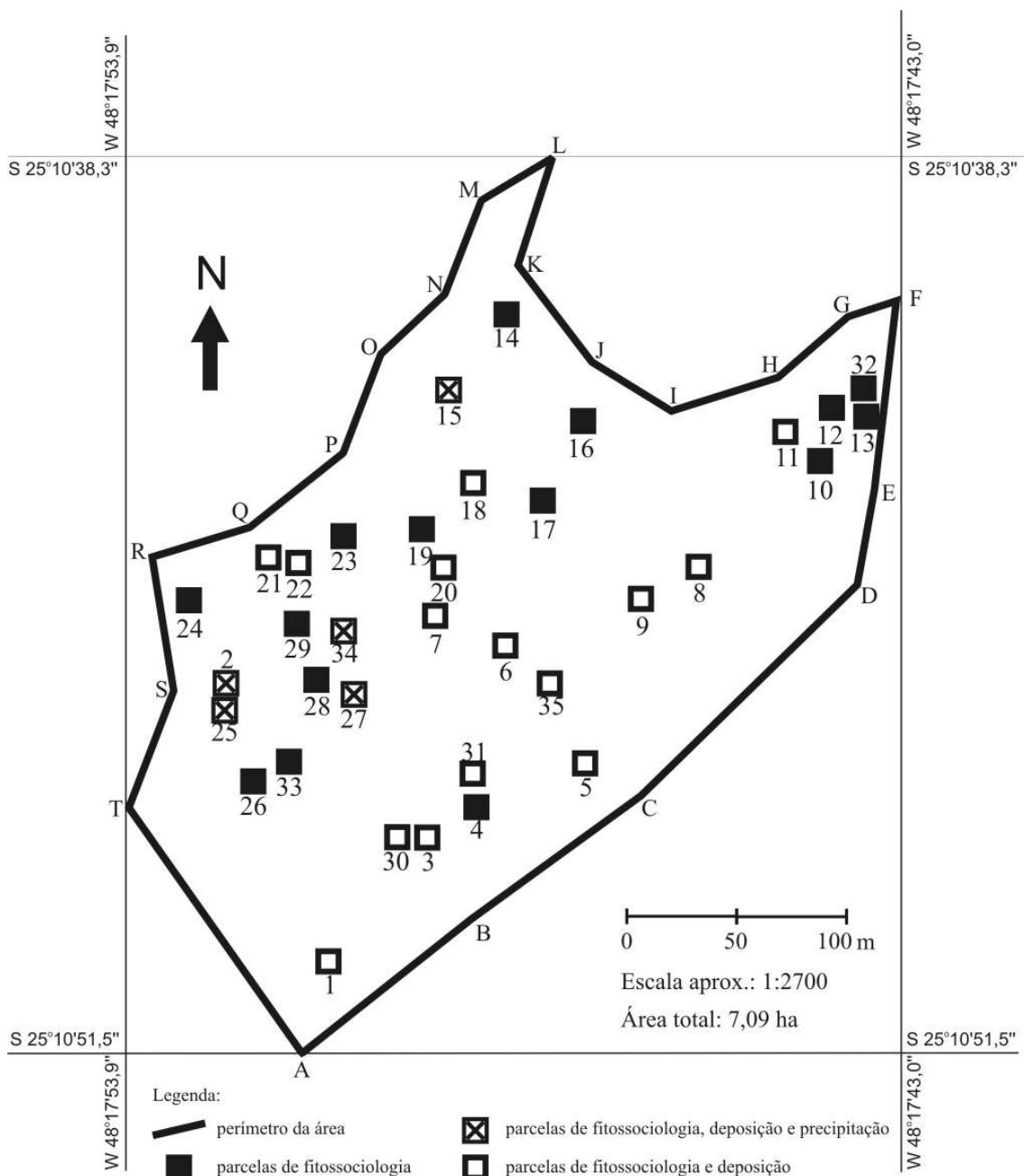


FIGURA 5 - DISPOSIÇÃO DO GRUPO DE PARCELAS DE FITOSSOCIOLOGIA E DE EXPERIMENTOS COM CICLAGEM DE NUTRIENTES NA ÁREA DE ESTUDOS NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR

FONTE: adaptado de GATTI (2000)

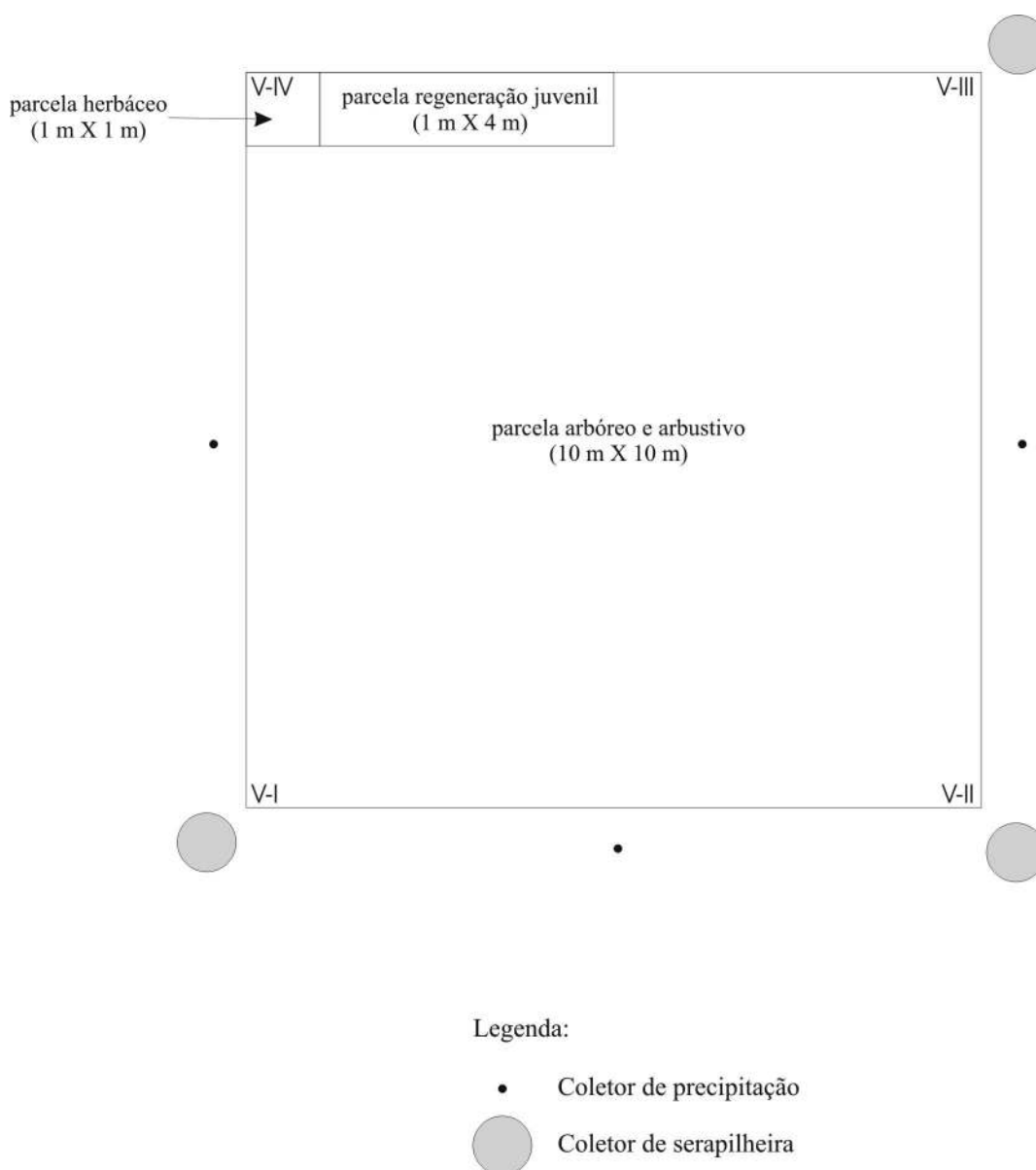


FIGURA 6 - PARCELA DE FITOSSOCIOLOGIA COM A DISPOSIÇÃO DOS COLETORES DE SERAPILHEIRA E PRECIPITAÇÃO INTERNA NA ÁREA DE ESTUDOS NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR

3.2.2 Decomposição Foliar e Liberação de Nutrientes

Para estudar a decomposição da serapilheira foliar, foi usada uma adaptação da técnica das bolsas de decomposição “nylon hairnets” ou “litter bags”, descrita por BOCOCK e GILBERT (1957).

Foram realizados dois experimentos. O primeiro teve início no outono (em maio de 2002) e o segundo experimento teve início na primavera (em novembro de 2002). Para cada experimento, o material foliar recém caído e em fase terminal de abscisão foi coletado na capoeira (independente da fisionomia), durante dois dias, na mesma semana do início de cada experimento. O material foi previamente separado em grupos de folhas das mesmas espécies analisadas em separado no item anterior. Parte do material foi destinada a composição de 60 bolsas de náilon, com malha de 2 mm e dimensões de 20 x 20 cm, contendo uma proporção de cada fração do material disponível, de modo a reduzir a variabilidade dos resultados. O material de cada bolsa foi pesado na umidade ambiente correspondendo ao tempo inicial de decomposição, somando aproximadamente 20 gramas cada. A outra parte do material coletado foi destinada a uma calibragem para se obter uma relação entre fitomassa seca e a fitomassa na umidade ambiente de amostras similares ao conteúdo das bolsas. Tal procedimento permitiu a obtenção de uma estimativa da massa seca inicial do material do experimento, sem interferir com a secagem artificial dessas amostras. EDWARDS (1977) e TANNER (1981) comentam que a secagem do material antes dos experimentos de decomposição pode resultar em uma taxa de decomposição mais lenta. Um conjunto de amostras foi destinado às análises químicas para se obter as concentrações iniciais do material recém caído.

As bolsas, devidamente identificadas, foram distribuídas sobre a superfície do solo da capoeira estudada (local representativo da capoeira sem levar em consideração qual fisionomia), em linhas de 10 unidades. Nos intervalos de 15, 30, 90, 180, 270, 365 dias após sua colocação, o material foi recolhido cuidadosamente, retirando-se partículas de solo aderidas e/ou raízes que se infiltraram nas bolsas. Foram retiradas 10 bolsas por coleta. As amostras foram enviadas ao laboratório para a pesagem (massa seca) e, para diminuir custos, somente as amostras do primeiro experimento foram submetidas à análise química para a determinação dos

teores dos elementos minerais (agrupando-se em três repetições). Foram estimadas a taxa instantânea de decomposição (coeficiente K) e o tempo necessário para a decomposição de 50 e 95% do material através do modelo exponencial simples proposto por JENNY *et al.* (1949) e OLSON (1963). WIEDER e LANG (1982) afirmam que geralmente os modelos exponenciais são mais realísticos em termos de comportamento matemático e biológico. Segundo PRESCOTT (2005), o modelo exponencial é limitado aos estudos de curta duração, entre um e dois anos. Em investigações mais longas, após determinado tempo, a decomposição alcança um limite que corresponde à transformação da serapilheira em húmus, sendo uma nova fase do processo (ABER e MELLILLO¹⁴, citados por PRESCOTT, 2005). Também foram estimadas as relações C/N e as taxas de liberação ou retenção dos nutrientes com o processo de decomposição.

Para o cálculo do coeficiente foi utilizada a seguinte fórmula matemática:

$K = - \ln (1 - K')$, onde K' é a razão entre a fitomassa perdida em determinado período e a fitomassa inicial

Para o cálculo do tempo necessário para decompor 50 e 95% do material:

$$T_{50 \text{ ou } 95\%} = - \ln 0,5 / K$$

3.2.3 Precipitação Pluviométrica e Lixiviação das Copas

Para a amostragem da água da chuva na fisionomia 1 da capoeira e na floresta secundária (precipitação interna), foram confeccionados coletores de precipitação (pluviômetros) constituídos basicamente de um funil de polietileno ($\varnothing = 12,5 \text{ cm}$; 123 cm^2 de área de recepção), com peneira na base, conectados a um recipiente plástico (5 litros) através de uma mangueira fina (Figuras 10, 11 e 12). Em uma clareira, foram instalados 6 coletores para amostrar a precipitação externa. Para a chuva que atravessa a cobertura vegetal da capoeira (precipitação interna), foram escolhidas as cinco parcelas com maior valor de importância do estudo

¹⁴ ABER, J. D.; MELILLO, J. **Terrestrial Ecosystems**. Saunders College Publishing, Toronto, 1991.

fitossociológico, portanto, apenas parcelas referentes à fisionomia 1, pois já apresentavam um dossel quase contínuo, e instalados 15 coletores, sendo três em cada parcela (Figuras 5 e 6). Para a chuva que atravessa o dossel de uma floresta secundária avançada próxima a capoeira (p. interna), foi instalado um transecto com 15 coletores, distanciados três metros entre si. As coletas foram realizadas a cada duas semanas (durante o período entre 23/09/2001 e 21/09/2003) medindo todos os volumes com uma proveta, agrupando a água dos coletores em um galão de 20 litros e tirando uma alíquota para compor posteriormente, uma amostra mensal de cada tipo de precipitação para análise química na proporção volumétrica medida. Após as coletas, os coletores eram lavados com água deionizada. Também eram colocados cristais de timol através de um conta gotas, para minimizar a atividade microbiana, procedimento também utilizado em outros trabalhos, conforme (MEGURO *et al.* 1979b, SANTOS, 1989 e BRITZ, 1994). As amostras foram filtradas (em filtro qualitativo) e congeladas, para posteriormente compor amostras mensais para a determinação de K, Ca, Mg e Na.

Alguns meses de coleta foram acompanhados com um pluviômetro de medidas diárias no mesmo local, resultando em valores muito próximos aos dos pluviômetros medidos a cada duas semanas (precipitação direta). Considerando que a peneira e a mangueira fina impedem maiores perdas da água coletada, foi desprezada a possível evaporação das amostras.



7

FIGURA 7 - COLETA DE SERAPILHEIRA NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA, NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR



8

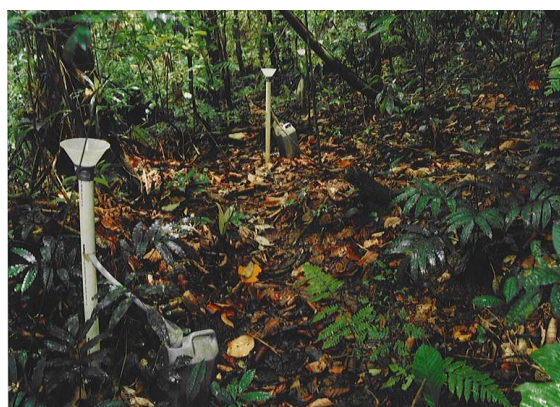
FIGURA 8 - COLETOR DE SERAPILHEIRA NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA

Fotos: Alan Y. Mocoichinski/Projeto Sucessão



9

FIGURA 9 - COLETOR DE SERAPILHEIRA NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA



10

FIGURA 10 - PLUVIÔMETROS DE PRECIPITAÇÃO INTERNA NA FLORESTA SECUNDÁRIA AVANÇADA SUBMONTANA



11

FIGURA 11 - PLUVIÔMETRO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR



12

FIGURA 12 - PLUVIÔMETRO DE PRECIPITAÇÃO INTERNA NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA



13

FIGURA 13 - CADINHOS CONTENDO AMOSTRAS PARA A DIGESTÃO EM MUFLA À 500°C E POSTERIOR FILTRAGEM E LEITURA EM ESPECTROFOTÔMETRO



14

FIGURA 14 - FILTRAGEM DAS AMOSTRAS JÁ DIGERIDAS EM MUFLA E SOLUBILIZADAS EM HCl 10%

3.2.4 Análises Químicas

Todas as análises químicas foram efetuadas pelo autor e equipe sob a orientação dos técnicos do Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição Mineral de Plantas (LABINP) do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR, exceto as análises de carbono, que foram realizadas pela equipe do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP).

O N nas amostras vegetais foi determinado pelo método Kjeldhal, descrito por HILDEBRAND (1977). Esse método consiste basicamente em uma digestão úmida com ácido sulfúrico concentrado, seguida de uma destilação com hidróxido de sódio (32%) e titulação ácida do amônio. A determinação dos demais elementos foi realizada digerindo o material em mufla à 500° C e solubilizando em HCl 10%, conforme descrito por PERKIN-ELMER (1973)(Figuras 13 e 14). As leituras de K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al foram realizadas em espectrofotômetro de absorção atômica 2380 Perkin-Elmer (K por emissão). O P foi determinado pelo método colorimétrico com vanadato molibdato de amônio (cor amarela), com leitura em espectrofotômetro UV/VIS 554 Perkin-Elmer.

As análises de carbono, para o experimento de decomposição, foram efetuadas pela equipe do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do CENA/USP, utilizando o método de via seca por combustão no aparelho determinador LECO CN 2000.

Para a determinação dos teores de K, Na, Ca e Mg nas amostras de água, foi utilizado o espectrofotômetro de absorção atômica 2380 Perkin-Elmer (K e Na por emissão).

3.2.5 Análises Estatísticas

Para a avaliação da deposição de serapilheira, os dados coletados foram agrupados mensalmente e estimados em kg/ha, sendo calculadas as médias das frações e da serapilheira total. Foram calculados os erros de amostragem das médias estratificadas estimadas, com 95% de confiabilidade. Para verificar

diferenças estatísticas na deposição, na decomposição de fitomassa, nos volumes de precipitação, nos teores de nutrientes entre sítios, nas frações e nos períodos amostrados, foram realizados testes de comparações de médias (teste de t de Student, ANOVA e teste de Duncan), precedidos pelo teste de Bartlett para testar a homogeneidade de variâncias e outras condicionantes, sendo os dados transformados quando necessário para $\log(x + 1)$. Em alguns casos foram excluídos valores discrepantes. Para as análises em que a maior parte das variáveis não indicou normalidade, foram utilizados os coeficientes de correlação de Spearman (r_s). Foram calculadas correlações dos valores anuais da deposição de serapilheira com as estimativas dos parâmetros fitossociológicos densidade e área basal. As estimativas de produção de serapilheira ao longo dos meses foram correlacionadas com os valores da precipitação pluviométrica (em mm), medida pelos autores no local do estudo e com outras variáveis meteorológicas (dados históricos e do período correspondente a este estudo) cedidas pelo SIMEPAR, dados da estação do IAPAR, em Guaraqueçaba, a 40 m s.n.m. e a aproximadamente 26 km da área de estudo. Foram utilizados os valores médios mensais das variáveis: temperaturas do ar média, máxima e mínima (em °C); insolação (horas/dia) e umidade relativa do ar (em %). Para situar o ciclo de deposição de cada fração da serapilheira no ciclo de cada variável meteorológica (distância temporal), procurou-se os coeficientes de correlação mais altos (semelhança entre ciclos) através do deslocamento dos conjuntos de dados (seqüência das médias de variáveis meteorológicas dos meses anteriores e posteriores a deposição de cada fração). Também foram correlacionados os comportamentos de liberação ou retenção de elementos químicos durante a decomposição. Foram também realizadas correlações entre os teores e quantidades de elementos químicos na chuva e o volume de precipitação. Foi realizada análise de agrupamentos para encontrar similaridades entre as frações foliares pelo aspecto nutricional. Essa análise também foi utilizada para agrupar as parcelas de estudo pelo aspecto nutricional da serapilheira produzida. Para tanto foi utilizada a distância euclidiana e o método Ward's de ligação para a geração de dendrogramas. Os cálculos estatísticos foram realizados pelo programa Statgraphics Plus 4.1 da STATISTICAL GRAPHICS CORPORATION (1999).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E DEPOSIÇÃO DE NUTRIENTES

4.1.1 Produção Anual e Mensal de Serapilheira

Nos Anexos 6 ao 9 estão apresentados os valores de deposição de cada fração de serapilheira e do total ao longo dos meses nos dois anos estudados. Segundo a Tabela 2, para a fisionomia 1 (capoeira mais desenvolvida), a deposição total anual foi estimada em 6388 kg/ha no primeiro ano de amostragem e em 6345 kg/ha no segundo ano. A fisionomia 2 (menos avançada) apresentou menos da metade da deposição, respectivamente 2673 e 3349 kg/ha. Para o primeiro ano de amostragem, a produção total de serapilheira dessa fisionomia foi 42% do total produzido pela fisionomia mais desenvolvida. Já para o segundo ano amostrado esse valor subiu para 53%, sendo essa diferença (42 e 53%) estatisticamente significativa ($p < 0,01$). Isto parece indicar que na área de estudo, à medida que a sucessão evolui, a diferença na produção de serapilheira entre as fisionomias vai diminuindo, ou seja, fisionomia 2 poderia estar numa transição de uma vegetação arbustiva para predominantemente arbórea. Essa fisionomia (capoeira menos desenvolvida) estaria com uma taxa relativa de incremento em fitomassa e do estoque de nutrientes maior do que a taxa relacionada à fisionomia 1, corroborando com o padrão geral de incremento de biomassa durante a sucessão, discutido por VITOUSEK e REINERS (1975) e por GORHAM *et al.* (1979). Segundo informações cedidas pela equipe do “Projeto Sucessão”, apesar da fisionomia mais desenvolvida ter mais do que o triplo da área basal da outra fisionomia, o incremento nesse descritor fitossociológico de ambas durante esse período foi similar, indicando um crescimento relativamente maior na fisionomia menos desenvolvida. Também o aumento do incremento em área basal, entre o final do primeiro e o do segundo ano deste estudo, foi de 20% para a fisionomia menos desenvolvida e de apenas 3% para a fisionomia mais desenvolvida. O atraso de desenvolvimento em relação à fisionomia 1 provavelmente está vinculado à intensa hidromorfia dos solos

(verificada nas proximidades da fisionomia 2) e a um período um pouco mais longo de perdas dos nutrientes do solo após o abandono do uso terra e conseqüente retomada da vegetação, conforme a descrição da área já apresentada.

Considerando a média dos dois anos de amostragem, para a fisionomia de capoeira mais desenvolvida foi estimada uma deposição de $6,4 \pm 1,2\text{t/ha}$ (95% confiabilidade). Para a fisionomia menos desenvolvida o valor anual estimado foi de $3,0 \pm 1,0\text{t/ha}$ (Tabela 3). Essa diferença estatisticamente significativa entre fisionomias ($p < 0,01$), se deve à estrutura diferenciada da vegetação. Nas vinte parcelas estudadas, a deposição anual de serapilheira apresentou um maior coeficiente de correlação de Spearman com a área basal do que com a densidade, sendo respectivamente $r_s = 0,702$ e $r_s = 0,640$ ($p < 0,005$).

TABELA 2 - PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL E ANUAL DE SERAPILHEIRA TOTAL PARA AS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR; ERRO PADRÃO, (EM kg/ha); PERÍODO ENTRE 23-SET-01 E 21-SET-03

Fisionomia de capoeira (n = 10)														
Mês	Data da coleta		Fisionomia mais desenvolvida						Fisionomia menos desenvolvida					
	Início 23/09/01		Ano I			Ano II			Ano I			Ano II		
	Ano I	Ano II	Média	±	EP	Média	±	EP	Média	±	EP	Média	±	EP
OUT	19/10/01	20/10/02	755	±	78	585	±	84	282	±	71	308	±	59
NOV	16/11/01	16/11/02	425	±	56	513	±	49	199	±	41	356	±	53
DEZ	15/12/01	15/12/02	521	±	68	1000	±	158	285	±	34	446	±	128
JAN	12/01/02	11/01/03	381	±	35	643	±	70	248	±	37	325	±	61
FEV	09/02/02	08/02/03	689	±	142	468	±	55	291	±	77	251	±	50
MAR	09/03/02	08/03/03	600	±	81	429	±	36	185	±	39	239	±	49
ABR	06/04/02	06/04/03	405	±	53	333	±	37	129	±	27	223	±	57
MAI	03/05/02	03/05/03	304	±	39	384	±	43	143	±	45	192	±	38
JUN	02/06/02	02/06/03	415	±	60	555	±	61	127	±	26	284	±	55
JUL	29/06/02	29/06/03	340	±	36	371	±	39	180	±	55	166	±	37
AGO	27/07/02	27/07/03	421	±	59	280	±	37	162	±	36	151	±	29
SET	24/08/02	24/08/03	550	±	63	382	±	44	205	±	35	218	±	37
OUT*	21/09/02	21/09/03	583	±	87	401	±	26	237	±	42	188	±	30
	Média**		491	±	66	488	±	57	206	±	44	258	±	53
	Média mensal		532			529			223			279		
	TOTAL		6388	±	592	6345	±	505	2673	±	438	3349	±	492

*13º período de 28 dias para abranger um ano

**média dos 13 períodos correspondentes a 28 dias

Na Tabela 4 constam estimativas anuais da produção de serapilheira em diferentes trechos de ocorrência da Floresta Ombrófila Densa atlântica. O valor mais alto (9,5 t/ha) foi registrado em Campos dos Goytacazes, no Rio de Janeiro, por MAZUREC e VILLELA (1998) em formação submontana bem preservada. O menor valor (1,8 t/ha) foi encontrado por DOMINGOS *et al.* (2000), em floresta fortemente afetada pela poluição em formação montana, em Santo André, São Paulo.

TABELA 3 - PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL DE SERAPILHEIRA PARA AS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR, CONSIDERANDO A MÉDIA DOS DOIS ANOS DE AMOSTRAGEM, ERRO PADRÃO, (EM kg/ha); PERÍODO ENTRE 23-SET-01 E 21-SET-03

Mês	Média de 2 anos		Fisionomia de capoeira (n = 10)	
			Fisionomia mais desenvolvida	menos desenvolvida
			Média ± EP	Média ± EP
OUT			670 ± 66	295 ± 60
NOV			469 ± 42	278 ± 41
DEZ			760 ± 93	365 ± 76
JAN			512 ± 49	287 ± 38
FEV			579 ± 86	271 ± 54
MAR			515 ± 55	212 ± 33
ABR			369 ± 41	176 ± 33
MAI			344 ± 40	168 ± 33
JUN			485 ± 55	205 ± 39
JUL			355 ± 32	173 ± 43
AGO			351 ± 45	157 ± 28
SET			466 ± 49	211 ± 35
OUT*			492 ± 54	213 ± 33
Média das coletas (13)			490 ± 54	232 ± 42
Média Mensal			531	251
TOTAL ANUAL			6367 ± 523	3011 ± 426
Lim. Sup. IC (95% Prob.)			7549	3974
Lim. Inf. IC (95% Prob.)			5185	2048

Pode-se notar que, por estar entre as fases inicial e intermediária de sucessão secundária, a fisionomia mais desenvolvida está entre os valores intermediários. Já a estimativa para fisionomia de capoeira menos desenvolvida está um pouco abaixo das formações pioneiras de influência marinha (restinga baixa), sobre os cordões marinhos, registrados nos trabalhos de MORAES *et al.* (1999), BRITZ (1994) e PIRES (2001) e entre os valores encontrados por DOMINGOS *et al.* (2000), em sítios com diferentes graus de declínio pela poluição.

TABELA 4 – ESTIMATIVAS ANUAIS DE PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA EM DIFERENTES TRECHOS DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA ATLÂNTICA E DE RESTINGAS; (FODTB - FORMAÇÃO DAS TERRAS BAIXAS); (FODAI- ALUVIAL); (FODSub – SUBMONTANA); (FODM – MONTANA); (FODAM – ALTOMONTANA); (Alt. – ALTITUDE, EM m s.n.m.); (Pp. – PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA, EM mm); (AA – ÁREA AMOSTRAL, EM m²)

Tipo vegetacional/Sítio		Local	Alt. (m)	Classe de solo	Clima	Pp. (mm)	AA(m ²)	Serap (kg/ha)	% Fol	Pico	Referência
Restinga		Ilha do Cardoso-SP	5	Espodossolo	Af	2200	7,5	3900	75	prim	Moraes <i>et al.</i> (1999)
Restinga	Alta - entre cordões	Ilha do Mel-PR	5	Espodossolo	Cfa	2400	15,0	7673	59	prim	Britez (1994)
Restinga	Baixa - sobre cordões	Ilha do Mel-PR	5	Espodossolo	Cfa	2400	15,0	5235	62	prim	Britez (1994)
Restinga		Marica-RJ	5	Espodossolo		1300		6200	68		Ramos e Pellens (1994)
Restinga	Baixa - sobre cordões	Ilha do Mel-PR	5	Espodossolo	Cfa	2400	10,0	5080	75	prim	Pires (2001)
FODTB	capoeira 12 anos	Paranaguá-PR	5	Espodossolo	Af	2600	3,1	4674	89	prim-ver	Wisniewski (1997)**
FODTB	capoeirão 25 anos	Paranaguá-PR	5	Espodossolo	Af	2600	3,1	7500	69	prim-ver	Wisniewski (1997)**
FODTB	floresta secundária 50 anos	Paranaguá-PR	5	Espodossolo	Af	2600	3,1	7799	64	prim-ver	Wisniewski (1997)**
FODTB	capoeira 18 anos	Paranaguá-PR	5	Espodossolo	Af	2600	3,1	5400	86	prim-ver	Pinto e Marques (2003)**
FODTB	capoeirão 31 anos	Paranaguá-PR	5	Espodossolo	Af	2600	3,1	7600	73	prim-ver	Pinto e Marques (2003)**
FODTB	floresta secundária 56 anos	Paranaguá-PR	5	Espodossolo	Af	2600	3,1	6400	67	prim-ver	Pinto e Marques (2003)**
FODTB?		Bahia	5		Af	1283	4 (x4?)	9400	94	prim-ver	Gama-Rodrigues e Barros (2002)
FODTB	floresta primária	Linhares-ES	40	Argissolo	Awi	1200	15,0	8500	70	prim	Louzada (1997)
FODTB	floresta secundária avançada	Linhares-ES	40	Argissolo	Awi	1200	15,0	8400	61	prim	Louzada (1997)
FODAI	10 anos - sucessão mais avançada	Guaraqueçaba-PR	40	Neossolo Flúvico	Cfa	2676	15,0	6367	69		ESTE ESTUDO
FODAI	10 anos - sucessão menos avançada	Guaraqueçaba-PR	40	Neossolo Flúvico	Cfa	2676	15,0	3011	80		ESTE ESTUDO
FODSub		Guarujá-SP	140		Af	2050	2,5	7925	64	verão	Varjabedian e Pagano (1988)
FODSub	floresta primária	Ilha do Cardoso-SP	140		Af	2200	7,5	6300	70	prim	Moraes <i>et al.</i> (1999)
FODSub	floresta primária	C. dos Goytacazes- RJ	50	Cambissolo		1300	3,0	9460	69	prim	Mazurec e Villela (1998)
FODSub	floresta primária	C. dos Goytacazes- RJ	200	Cambissolo		1300	3,0	9060	64	prim	Mazurec e Villela (1998)
FODSub	grande poluição	Mogi Guaçu-SP	140	Latossolo	Cfb	2235	2,5	7748	79	prim	Lopes <i>et al.</i> (1993)*
FODSub	secundaria perturbada	Cubatão-SP	350	Lit, Camb e Argis	Cfb	2767	16,0	5289			Leitão Filho <i>et al.</i> (1993)
FODSub	Capoeirão	Cubatão-SP	120	Lit, Camb e Argis	Cfb	2767	8,0	5682			Leitão Filho <i>et al.</i> (1993)
FODSub	Secundária	Cubatão-SP	250	Lit, Camb e Argis	Cfb	2767	8,0	4460			Leitão Filho <i>et al.</i> (1993)
FODSub	sem poluição	Pilões-SP	150	Latossolo	Cfb	2371	2,5	8265	67	verão	Lopes <i>et al.</i> (1993)*
FODM	moderada poluição	Santo André-SP	800	Latossolo	Cfb	2400	2,5	6835	75	verão	Lopes <i>et al.</i> (1993)*
FODM		Floresta da Tijuca-RJ	750	Lato. e Camb.	Cf	2300	9,0	8900	74	prim-ver	Oliveira e Lacerda (1993)
FODM	primária alterada	Boracéia-SP		Neossolo Litólico	Cfa	2450	11,0	6054	73	prim	Custódio Filho <i>et al.</i> (1996)
FODM	floresta primária	Santa Tereza-ES	850			1566	37,4		4500	verão	Jackson (1978)
FODM	sem poluição	Santo André-SP	800	Latossolo	Cfb	3380	7,5	7007	72	prim	Domingos <i>et al.</i> (1997)
FODM	grande poluição	Santo André-SP	800	Lato. e Camb.	Cfb	3112	6,3	1803			Domingos <i>et al.</i> (2000)
FODM	moderada poluição	Santo André-SP	800	Lato. e Camb.	Cfb	3153	6,3	3810			Domingos <i>et al.</i> (2000)
FODAM	floresta primária	Quatro Barras-PR	1300	Neossolo Litólico	Cfb	2255	3,9	4500	63	prim	Portes <i>et al.</i> (1998)

* listado por Moraes *et al.* (1999)

** pesquisa nos mesmos locais

Em trabalhos realizados na Floresta Ombrófila Densa amazônica, nas situações de várzea, igapó e terra firme, e também de transição com o Cerrado, foram encontrados valores de deposição de serapilheira da mesma magnitude que para os encontrados na floresta atlântica, entre 6,1 e 9,7t/ha/ano (KLINGE e RODRIGUES, 1968; LUIZÃO, 1982; SILVA e LOBO, 1982; SILVA, 1984; SCOTT *et al.*, 1992; SMITH *et al.*, 1998).

Para a Floresta Ombrófila Mista, os registros de deposição anual de serapilheira estão compreendidos entre 5,9 e 9,4 t/ha, valores observados respectivamente por FERNANDES e BACKES (1998) e SOUSA (2003) Para florestas estacionais, os valores encontrados na literatura foram os mais altos registrados no Brasil, de 5,5 até 13 t/ha/ano (MELLO, 1995; TOLEDO *et al.* 2002). Para um trecho de Cerradão em São Paulo, DURIGAN *et al.* (1996) encontrou valores anuais de queda de serapilheira semelhantes aos encontrados no presente estudo, de 5,3 t/ha para a vegetação próxima de um rio e de 6,4 t/ha para uma vegetação um pouco mais distante.

Para a fisionomia 1, o valor do erro padrão da deposição média anual foi de 8% e do erro relativo amostral foi de 19%, com 95% de confiabilidade. Para a fisionomia 2 esses valores foram respectivamente 14% e 32%. TOKY e RAMAKRISHNAN (1983) utilizaram uma área amostral de 10 m², obtendo erros padrões geralmente abaixo de 10% das médias. SWAMY e PROCTOR (1994), com uma mesma área amostral, encontraram erros padrões entre 10,7 e 26,1% para quatro diferentes tipos de florestas tropicais na Índia. Já os coeficientes de variação médios anuais encontrados no presente estudo foram de 26 e 44%, respectivamente para as fisionomias 1 e 2. BRITZ *et al.* (1992), em estudo em Floresta Ombrófila Mista, encontraram um coeficiente de variação de 8,1%, com a maior área amostral detectada pela revisão da literatura (78 m²). Valores de aproximadamente 15% foram encontrados por SAMPAIO *et al.* (1988), em floresta estacional perenifolia costeira em Recife, PE, com área amostral de 11 m² e por BRITZ (1994), em restinga em Paranaguá, PR, com área de 15 m². Considerando ser grande a área de amostragem em relação a outros estudos sobre o assunto (30 coletores, sendo três por parcela, somando 15 m² para cada fisionomia de capoeira), a heterogeneidade dos processos de sucessão secundária da área de estudo pode explicar a elevada

variabilidade dos dados, principalmente na fisionomia de capoeira menos desenvolvida. Portanto, a amostragem pode ser considerada satisfatória (vide também os outros valores dos erros padrões nas Tabelas 2 e 3).

4.1.2 Frações da Serapilheira Produzida

Na Figura 15 estão apresentados os valores da contribuição anual média percentual das principais frações de serapilheira nas duas fisionomias de capoeira. A fração folhas perf fez 69% da serapilheira total depositada na fisionomia 1, durante os dois anos de amostragem. A fração ramos contribuiu com 22% e as frações órgãos de reprodução e miscelânea perfizeram respectivamente 4% e 5% do total da serapilheira produzida. Já os valores para a fisionomia 2, seguindo a mesma ordem, foram 80%, 11%, 6% e 3%. A menor participação da fração ramos nesta fisionomia provavelmente se deve aos baixos valores estruturais da vegetação (densidade e área basal) e a idade de seus indivíduos arbóreos, com uma menor biomassa lenhosa em relação à biomassa foliar. BRAY e GORHAM (1964); RODIN e BASILEVICH (1967) e VITOUSEK e REINERS (1975) afirmaram que o incremento na área foliar e ramos associados estabilizam relativamente mais cedo na sucessão, enquanto que em áreas mais avançadas o incremento em biomassa é predominantemente por troncos. Entre os outros estudos em floresta atlântica citados neste trabalho (Tabela 4), foi encontrado um valor médio de contribuição da fração foliar de 71% da serapilheira total (de 59 a 94%).

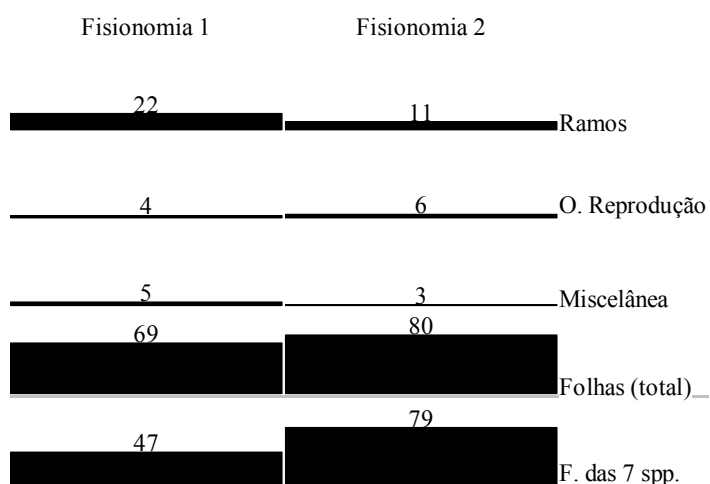


FIGURA 15 - CONTRIBUIÇÃO ANUAL MÉDIA PERCENTUAL DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA NAS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA NA RNSM NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR

4.1.3 Contribuição das Espécies na Produção da Serapilheira Foliar

A fração folhas das sete principais espécies participou com 47% do total da serapilheira depositada na fisionomia 1 e na fisionomia 2 com 79% (Figura 16). Isso indica que na capoeira mais desenvolvida, além do grupo das principais espécies arbóreas selecionadas, outras espécies participam significativamente na estrutura e dinâmica da vegetação, no caso, com 22% da deposição total de serapilheira, e 32% do total das folhas depositadas. Já na fisionomia 2, outras espécies participaram somente com 1% da serapilheira total e com 1,25% do total de folhas depositadas, indicando menor diversidade de espécies lenhosas.

Na fisionomia 1 as espécies mais importantes na deposição de folhas foram: *Myrsine coriacea*, com 15% (658 kg/ha/ano), e *Citharexylum myrianthum*, com 14%. As espécies *Senna multijuga*, *Cecropia pachystachya* e *Tibouchina pulchra* contribuíram cada uma com 9%, e as folhas de *Psidium guajava* e *Alchornea glandulosa*, respectivamente com 7% e 6%. Essas sete espécies perfizeram 69% da deposição de folhas total (Figura 16).

As folhas depositadas pelas espécies *Cecropia pachystachya* e *Tibouchina pulchra* perfizeram respectivamente 35% e 24% do total foliar na fisionomia 2. A

primeira espécie depositou quase três vezes mais folhas do que na fisionomia mais desenvolvida (844 kg/ha/ano). *T. pulchra* depositou quase o dobro (567 kg/ha/ano). Na fisionomia menos desenvolvida *Myrsine coriacea* contribuiu com 12%, *Citharexylum myrianthum* com 8%, *Senna multijuga* com 7%, *Psidium guajava* com 3%, e *Alchornea glandulosa* com 0% (Figura 16 e Tabela 5). A heterogeneidade das variâncias impossibilitou testes de comparação de médias entre as frações, mesmo transformando os dados, indicando a necessidade de uma maior amostragem para se ter estimativas com maior confiabilidade da produção de serapilheira das principais espécies. Entretanto, tais resultados indicam uma contribuição das principais espécies ainda menos equilibrada do que na capoeira mais desenvolvida, fato também constatado por PINTO e MARQUES (2003) em áreas sucessionais de ocorrência de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas e restinga no Paraná. Corroborando com estas informações, TOKY e RAMAKRISHNAN (1983) relataram que a sucessão foi acompanhada por um aumento na diversidade de espécies, uma redução na dominância e um aumento na produtividade primária em sítios com diferentes idades na Índia.

TABELA 5 - PRODUÇÃO ANUAL DAS FRAÇÕES E SUBFRAÇÕES DE SERAPILHEIRA NAS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA NA RNSM, CONSIDERANDO A MÉDIA DOS DOIS ANOS DE AMOSTRAGEM, (EM kg/ha) DE 23-SET-01 A 21-SET-03

Frações	Fisionomia de capoeira (n = 10)			
	Fisionomia mais desenvolvida		Fisionomia menos desenvolvida	
	Média	± EP	Média	± EP
Ramos (< 2 cm)	1396	± 240	335	± 111
Órgãos de Reprodução	285	± 46	184	± 42
Miscelânea	326	± 44	93	± 17
F. outras spp. (incluindo*)	1965	± 319	455	± 82
F. <i>Myrsine coriacea</i>	658	± 103	288	± 91
F. <i>Alchornea glandulosa</i>	244	± 83	10	± 4
F. <i>Psidium guajava</i>	318	± 129	76	± 47
F. <i>Senna multijuga</i>	408	± 99	159	± 40
F. <i>Cecropia pachystachya</i>	391	± 130	844	± 139
F. <i>Tibouchina pulchra</i>	376	± 234	567	± 203
Total das 6 espécies	2395	± 179	1943	± 264
*F. <i>Citharexylum myrianthum</i> *	(616)	(± 149)	(204)	(± 64)
Folhas total	4360	± 267	2398	± 305
TOTAL	6367	± 523	3011	± 426

*somente o 2º ano amostrado

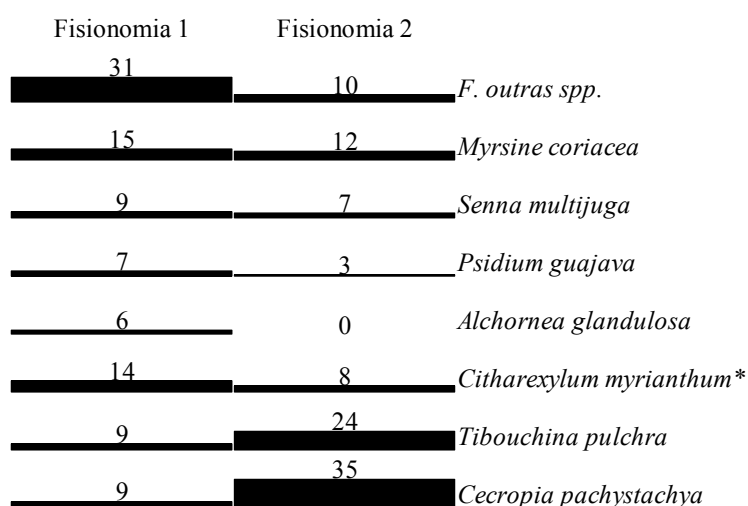


FIGURA 16 - CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FRAÇÕES FOLIARES EM RELAÇÃO AO TOTAL DE FOLHAS DEPOSITADAS NAS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA NA RNSM NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR

*somente o 2º ano amostrado

4.1.4 Sazonalidade da Produção de Serapilheira e as Variáveis Meteorológicas

4.1.4.1 Serapilheira total

Na Figura 17 constam estimativas dos valores mensais (a cada 28 dias) da deposição total de serapilheira e da precipitação pluviométrica nas duas fisionomias durante os dois anos de amostragem. Nota-se que os meses mais chuvosos foram registrados no final do verão (março) e que os meses com menor precipitação ocorreram no início do inverno (junho). A deposição de serapilheira total teve seu máximo registrado claramente em dezembro do segundo ano amostrado, entre a primavera e o verão, e seu mínimo entre o outono e o inverno. Comparando-se a precipitação medida no local de estudo com a precipitação medida na estação do IAPAR também em Guaraqueçaba, PR, foi obtido um $r_s = 0,937$ ($p < 0,000$). As variáveis meteorológicas: temperaturas máxima, média e mínima seguiram um padrão similar ao da precipitação, alcançando um $r_s = 0,875$ ($p < 0,000$) com os valores médios mensais de temperatura mínima. Os valores médios mensais de umidade relativa do ar apresentaram um comportamento inverso, sendo obtido um $r_s = -0,424$ ($p < 0,04$) (Anexo 1).

Para a fisionomia 1, foi detectado que as estimativas para o semestre mais quente e chuvoso (primavera e verão, médias dos dois anos amostrados) diferiram estatisticamente pelo teste de t ($p < 0,01$) do semestre relativamente mais frio e menos chuvoso (Outono e Inverno). Já para a fisionomia 2, a diferença foi ao nível de $p < 0,055$. Nos trabalhos realizados na Floresta Ombrófila Densa atlântica (JACKSON, 1978; OLIVEIRA, 1987; BRITZ, 1994; SAMPAIO *et al.*, 1993; CUSTÓDIO-FILHO *et al.*, 1996; WISNIEWSKI *et al.*, 1997; LOUZADA, 1997; MORAES *et al.*, 1999; PORTES, 2000; PINTO, 2001; GAMA-RODRIGUES e BARROS, 2002; PINTO e MARQUES, 2003; entre outros), também foram encontrados picos de deposição de serapilheira nos meses da primavera e do início do verão, época que há um aumento das temperaturas e do índice pluviométrico (Tabela 4). Segundo LARCHER (1986) e VAN SCHAİK *et al.* (1993), a abscisão nas plantas em florestas tropicais perenifólias (sem estação seca severa) ocorre com maior intensidade quando há um aumento do fotoperíodo, da radiação solar, da umidade do solo e também da renovação das folhas.

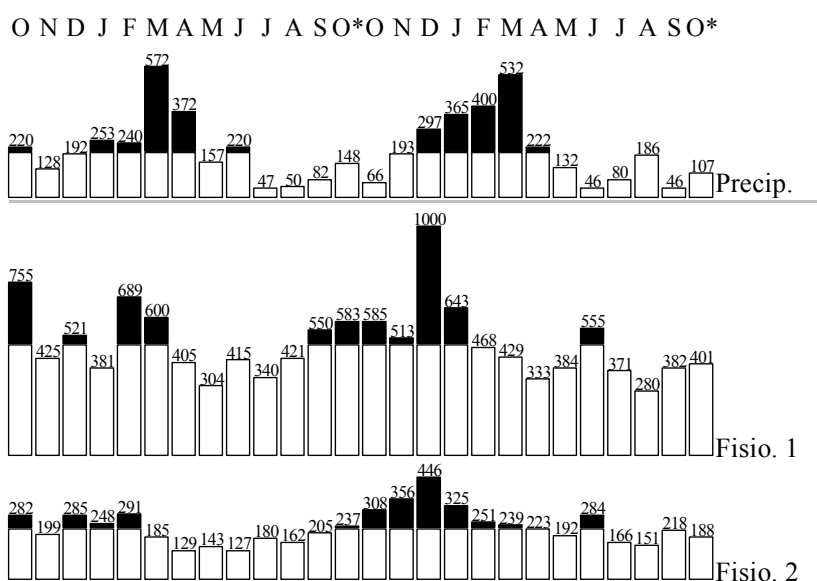


FIGURA 17 - DEPOSIÇÃO MENSAL DE SERAPILHEIRA EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA (EM kg/ha) E PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (EM mm) DURANTE O PERÍODO DE ESTUDO NA RESERVA NATURAL SALTO MORATO, NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR. AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS: TEMPERATURAS MÁXIMA, MÉDIA E MÍNIMA, SEGUEM UM PADRÃO SIMILAR AO DA PRECIPITAÇÃO. AS ÁREAS ESCURAS DAS BARRAS REPRESENTAM VALORES ACIMA DA MÉDIA

4.1.4.2 Fração folhas (total)

Para essa fração, a maior deposição ocorreu claramente na primavera (teste de Duncan, $p < 0,05$). Como contribuiu com a maior parte da produção da serapilheira total (de 69 a 80%), a deposição da fração folhas apresentou um comportamento sazonal muito semelhante àquela.

Os coeficientes de correlação mais significativos entre a seqüência mensal da produção de serapilheira e a seqüência dos valores mensais da maioria das variáveis meteorológicas, no entanto, não foram observados quando a correlação foi calculada com os dados referentes aos meses correspondentes, mas sim quando a produção mensal de serapilheira foliar foi correlacionada com variáveis dos meses precedentes e/ou subseqüentes ao evento. Isso foi observado tanto para correlações positivas quanto negativas (Quadros 1 e 2). Para fins dessa discussão foram considerados correlações boas, aquelas com o valor de $p < 0,05$ (r_s geralmente maiores que 0,4 ou menores que $-0,4$). Também é importante salientar que análises de correlação não necessariamente indicam causa e efeito. Elas somente mostram se há um comportamento similar entre os conjuntos de dados.

O cálculo seqüencial das correlações da produção mensal de serapilheira durante os dois anos do experimento com os dados meteorológicos dos meses anteriores e posteriores foi efetuado para tentar verificar se algum tipo de padrão em relação aos ciclos poderia ser observado. Os dados obtidos resultaram na elaboração do Quadro 1 e dos Anexos 10 e 11, mostrando efetivamente três padrões de correlação, embora o período de observação (dois anos) seja pequeno para afirmar se eles se repetem ao longo do processo de sucessão ou mesmo depois que o ecossistema se estabilize. Tais relações mostram o caráter cíclico anual da produção de serapilheira e dos eventos meteorológicos. A produção de serapilheira está relacionada primordialmente com as características cíclicas anuais das plantas associadas aos eventos climáticos, sendo fortemente regida pelo aspecto evolutivo (predisposição genotípica) das espécies e de seus indivíduos. O primeiro padrão (geral) corresponde ao comportamento mensal de deposição da serapilheira foliar total frente as variáveis meteorológicas. Nesse padrão também se enquadram as deposições de folhas das espécies *M. coriacea*, *C. pachystachya*, *T.*

pulchra, *A. glandulosa* e *P. guajava*. O segundo padrão (intermediário) corresponde ao comportamento de deposição das frações órgãos de reprodução e ramos. A deposição de folhas de *S. multijuga* também pode ser enquadrada nesse padrão. O terceiro padrão corresponde à deposição de folhas de *C. myrianthum* que apresenta um comportamento inverso do padrão geral da comunidade estudada (Anexos 10 e 11).

No padrão de deposição total foliar (geral) observa-se que as maiores correlações positivas, foram obtidas com as variáveis meteorológicas de aproximadamente dois meses posteriores e de dez meses anteriores, perfazendo um intervalo de aproximadamente um ano entre os valores mais altos de correlações positivas. O mesmo tipo de comportamento foi observado para as correlações negativas (células claras), entre a produção de serapilheira foliar e os dados meteorológicos de aproximadamente três meses anteriores e de dez meses posteriores à essa produção (padrão 1 - Quadros 1 e 2).

MARQUES e OLIVEIRA (2004), em estudo fenológico em uma restinga próxima à área desse estudo e MORELLATO *et al.* (2000), em trechos de floresta atlântica, detectaram correlações negativas entre a queda de folhas e variáveis como: temperatura, precipitação e fotoperíodo de até três meses anteriores; padrão similar ao encontrado no presente trabalho. Nesses outros trabalhos, a maior queda de folhas também ocorreu na primavera.

QUADRO 1 - PADRÕES DAS CORRELAÇÕES DE SPEARMAN OBTIDAS ENTRE OS VALORES DA DEPOSIÇÃO MÉDIA MENSAL DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA DURANTE DOIS ANOS (D, SEQUÊNCIA DE DEPOSIÇÃO MENSAL, MÉDIA DAS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA) E OS VALORES MÉDIOS MENSAIS DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DO MESMO PERÍODO (MÊS 0, n = 26), DE MESES ANTERIORES E POSTERIORES (ATÉ 13º MÊS - ANO SEGUINTE)

PADRÃO GERAL

Variáveis meteorológicas		meses anteriores													D	meses posteriores												
		13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PADRÃO 1	Precip. (mm)					1					7							13						18				
	Tméd. (°C)				2							8						14							19			
	Tmáx. (°C)				3							9						15							20			
	Tmín. (°C)					4						10						16							21			
	Insol. (horas/dia)						5						11						17								22	
	UR (%)				6							12												23				

PADRÃO INTERMEDIÁRIO

PADRÃO 2	Precip. (mm)																										
	Tméd. (°C)																										
	Tmáx. (°C)																										
	Tmín. (°C)																										
	Insol. (horas/dia)																										
	UR (%)																										

PADRÃO INVERSO

PADRÃO 3	Precip. (mm)																										
	Tméd. (°C)																										
	Tmáx. (°C)																										
	Tmín. (°C)																										
	Insol. (horas/dia)																										
	UR (%)																										

NOTA: as células pintadas representam os maiores coeficientes de correlação obtidos, sendo as mais escuras representando valores positivos e as mais claras, valores negativos (somente os maiores valores e quando $p < 0,05$). Os números nas células se referem ao QUADRO 2.

QUADRO 2 - VALORES DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (r_s) E SUAS PROBABILIDADES DE ERRO CORRESPONDENTES ÀS CÉLULAS PINTADAS DO PADRÃO GERAL (FRAÇÃO FOLIAR TOTAL) DO QUADRO 1

	r_s	$p <$	r_s	$p <$	r_s	$p <$	r_s	$p <$	r_s	$p <$				
1	0,701	0,0005	6	-0,725	0,0003	11	-0,533	0,008	16	0,762	0,0001	21	-0,828	0,0000
2	0,694	0,0005	7	-0,626	0,002	12	0,606	0,002	17	0,455	0,023	22	-0,445	0,026
3	0,704	0,0004	8	-0,798	0,0001	13	0,712	0,0004	18	-0,762	0,0001	23	0,493	0,0138
4	0,697	0,0005	9	-0,777	0,0001	14	0,727	0,0003	19	-0,829	0,0000	24		
5	0,604	0,003	10	-0,752	0,0002	15	0,731	0,0003	20	-0,792	0,0001	25		

NOTA: como os comportamentos de deposição entre as fisionomias de capoeira foram semelhantes, optou-se apresentá-los de forma conjunta.

De acordo com o padrão 1 do Quadro 1, observa-se que o ciclo anual de deposição de serapilheira pode ser situado antecedendo aproximadamente dois meses o ciclo anual das variáveis meteorológicas (precipitação e temperaturas máxima, média e mínima). Como já comentado, essa distância temporal deve-se a adaptação genotípica das espécies da comunidade às características do clima. Para o ambiente estudado essa adaptação refere-se à um descarte de folhas velhas para a renovação da superfície fotossintetizante para melhorar a produtividade no período com condições mais favoráveis, nesse caso no verão, concordando com o trabalho de VAN SCHAİK *et al.* (1993). Na verdade, parece ocorrer uma sincronia (correlação simultânea) dos máximos das variáveis meteorológicas com o máximo de folhas-fonte nas plantas. MORELLATO *et al.* (2000) encontraram correlações do brotamento com o fotoperíodo e TALORA e MORELLATO (2000) com a temperatura, sendo os dois estudos em floresta atlântica em São Paulo. MARQUES e OLIVEIRA (2004) detectaram um aumento na produção de folhas novas no período entre outubro e março, exatamente o período de aumento da precipitação, temperatura e radiação solar.

No entanto, as plantas também são influenciadas por pequenas variações dentro do regime climático e podem acionar seus mecanismos de resposta à medida que determinado estímulo ocorre (TREWAVAS, 2004). Em relação a essa plasticidade, BRADSHAW (1965), ADDICOTT e LYON (1973) levantaram a possibilidade de que as respostas a certos estímulos ocorram efetivamente, após um considerável período de tempo, como uma pré-adaptação ou antecipação, sendo nesse caso correspondentes a pequenos ajustes às variações dentro do ciclo sazonal. Esses ajustes também podem ter alguma contribuição para os altos coeficientes de correlação encontrados nesse trabalho. OSADA *et al.* (2002) afirmaram que indivíduos em crescimento em uma comunidade, experimentam diferentes condições ambientais que resultam em mudanças ontogenéticas (morfológicas e fisiológicas) que causam variações em sua fenologia foliar. Os desempenhos dos indivíduos de uma comunidade (às variações ambientais) dependem de seus impulsos hereditários, mas também das experiências vivenciadas por eles (BALDWIN, 1896). Essa interação genótipo/ambiente pode resultar em um melhor proveito de condições meteorológicas (umidade, temperatura

e radiação) que aumentam a atividade biológica do solo e conseqüente taxa de decomposição, disponibilizando os nutrientes, que podem ser reabsorvidos pela vegetação antes de sua saída do sistema por meio da lixiviação (JACKSON, 1978; DELITTI¹⁵, citado por BRITZ et al., 2005). No presente trabalho foi observado um aumento da queda de serapilheira e de sua taxa inicial de decomposição e também um aumento da quantidade de nutrientes K, Ca e Mg lixiviada das copas das árvores para o solo, no início do período chuvoso e mais quente do ano (conforme os próximos itens).

A deposição de serapilheira além de ser correlacionada com as variáveis meteorológicas do período estudado, também foi correlacionada com as variáveis históricas (clima dos últimos 20 anos). Foram observados padrões e coeficientes de correlação bastante semelhantes.

É importante considerar que o experimento foi realizado em condições naturais (em nível de comunidade vegetal) e podem ter sofrido interferências como: o estágio de desenvolvimento de cada indivíduo, a longevidade das folhas, os diferentes erros de amostragem nas estimativas de cada fração de serapilheira, entre outros fatores. Certamente, estudos mais prolongados, com pesquisas fisiológicas com indivíduos de algumas espécies e com um maior controle das condições ambientais poderão subsidiar a compreensão desses resultados.

Comparando a deposição mensal de serapilheira com as variáveis meteorológicas dos meses correspondentes, foram encontradas correlações positivas significativas com os valores de temperatura máxima (somente para o padrão intermediário do Quadro 1) e com os valores médios de umidade relativa do ar durante o mesmo período (somente para o padrão inverso do Quadro 1). FASSBENDER e GRIMM (1981) encontraram correlações negativas entre os valores médios mensais da produção de serapilheira e os valores médios da umidade relativa do ar para o período correspondente, em floresta na Venezuela, a 2250 m s.n.m. ($r = - 0,81$; $p < 0,01$). PIRES (2001), em estudo em floresta na Ilha do Mel no Paraná, obteve correlações significativas positivas entre a deposição de serapilheira

¹⁵ DELITTI, W. B. C. Produção de folheto na mata pluvial tropical da Estação Ecológica da Juréia, SP. **Ciência e Cultura**, v. 39, n. 7 (supl.), p. 600-601, 1987.

e a velocidade do vento e a temperatura média do mesmo período. BRITZ (1994) em estudo na mesma ilha, encontrou coeficientes significativos de correlação somente para os valores de temperatura média dos meses correspondentes (média de valores de vários anos).

CUSTÓDIO-FILHO *et al.* (1996) não detectaram correlações entre as condições meteorológicas e a produção de serapilheira no mesmo período, apesar da maior deposição de serapilheira ter sido registrada nos meses mais quentes e chuvosos. No mesmo trabalho é evidenciado que a produção de serapilheira estaria mais associada às condições pedo-climáticas históricas (clima) do ecossistema do que às situações pontuais atípicas, conforme proposto por SANTOS *et al.*¹⁶, citados por CUSTÓDIO-FILHO *et al.* (1996). Também é comentado o trabalho de PAGANO (1985), que justifica a falta de correlação entre a queda de serapilheira com fatores abióticos como uma forma de adaptação do ecossistema, concordando com a proposta de MARTINS¹⁷, citado por CUSTÓDIO-FILHO *et al.* (1996), que atribui a queda das folhas às características genéticas das espécies, que responderiam ou não aos mecanismos de foto e termoperiodicidade, também assinalados por outros autores. Há uma indicação de que a forma de análise realizada nesse trabalho, através do deslocamento relativo dos conjuntos de dados mensais, pode ser vantajosa na obtenção de informações sobre as possíveis relações entre os ciclos fenológicos e os meteorológicos.

Segundo ADDICOTT e LYON (1973), além dos fatores meteorológicos e dos genotípicos das plantas, a abscisão é influenciada por fatores pedológicos como: umidade e aeração do solo, deficiência e toxicidade de constituintes minerais, salinidade e alcalinidade e doenças originadas no solo. Outros fatores que podem exercer influência neste processo incluem poluentes atmosféricos, oxigênio e dióxido de carbono, fogo, gravidade e fatores bióticos, além de insetos e microorganismos patogênicos.

¹⁶ SANTOS, P. F., *et al.*. A comparison of surface and buried *Larrea tridentata* leaf litter decomposition in North American hot deserts. **Ecology**, Durham, v. 65, n. 1, p. 278-284, 1984.

¹⁷ MARTINS, F. R. **O método de quadrantes e a fitossociologia de uma floresta do interior do estado de São Paulo: Parque Estadual de Vassununga**. São Paulo, 1979. 239 f. (Tese de Doutorado) – Universidade de São Paulo.

4.1.4.3 Subfrações da fração folhas (total)

Entre as espécies selecionadas, somente *S. multijuga* e *C. myrianthum* apresentaram um padrão de correlação com as variáveis meteorológicas diferente do padrão das demais espécies, que é praticamente o mesmo da serapilheira foliar total (Quadro 1). Essas duas espécies são decíduas, sendo que para a primeira foi observado um padrão intermediário, com suas maiores correlações nos intervalos entre as correlações mais altas encontradas para o padrão geral de deposição de folhas da comunidade estudada. Já a segunda espécie apresentou um padrão de correlação totalmente inverso da serapilheira foliar total, ou seja, quando os coeficientes de correlação foram positivos para a serapilheira foliar total, foram negativos para a deposição de *C. myrianthum*. Embora *P. guajava* e *A. glandulosa* também apresentem características de decidualidade, foi observado um padrão de correlação similar ao da produção de serapilheira foliar total (Anexos 10 e 11).

Nas Figuras 18, 19 e 20 estão apresentados os comportamentos sazonais das frações e subfrações de serapilheira para as duas fisionomias de capoeira. Para *M. coriacea*, *T. pulchra* e *C. pachystachya* foram observados seus máximos de deposição entre outubro e janeiro. Foram obtidos altos coeficientes de correlação entre a deposição mensal entre essas espécies, alcançando um r_s máximo de 0,818 ($p < 0,000$), entre *M. coriacea* e *T. pulchra*. As frações folhas de *A. glandulosa* e de *P. guajava* apresentaram maior produção entre outubro e novembro. Essas duas espécies também foram moderadamente correlacionadas com *M. coriacea* e *T. pulchra*. *A. glandulosa* também foi correlacionada com *C. pachystachya*. Como já comentado, essas espécies foram enquadradas dentro do padrão geral de correlação com as variáveis meteorológicas. Para *S. multijuga* (padrão intermediário) foi observada uma maior deposição de folhas entre janeiro e março, concordando com estudo fenológico realizado no mesmo local (GATTI, 2000). O comportamento de deposição dessa espécie foi somente correlacionado com o de *P. guajava*, $r_s = -0,575$ ($p < 0,004$). A maior deposição de folhas de *C. myrianthum* (padrão inverso) ocorreu no inverno com um pico maior em setembro, também observado por (GATTI, 2000). Foram obtidos coeficientes de correlação negativos entre a deposição mensal dessa espécie e a deposição mensal de *M. coriacea*, *T. pulchra* e

C. pachystachya, alcançando um r_s máximo de - 0,675 ($p < 0,001$), entre *C. pachystachya* e *C. myrianthum*.

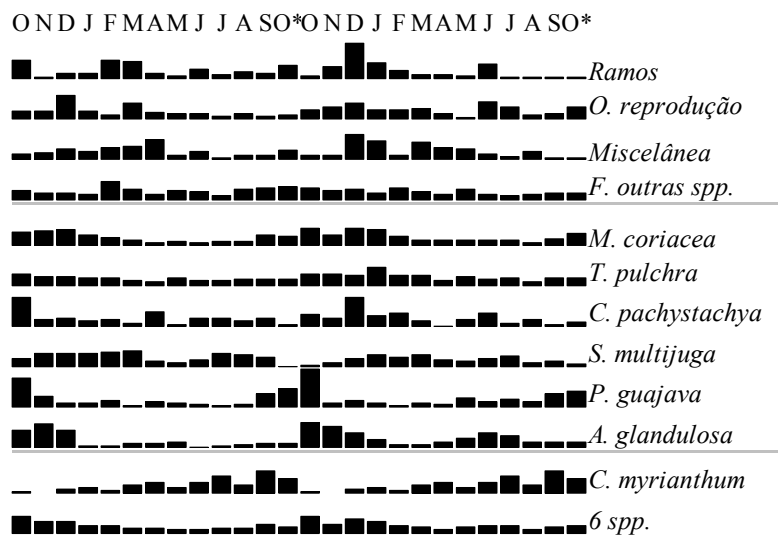


FIGURA 18 - COMPORTAMENTO SAZONAL DAS FRAÇÕES E SUBFRAÇÕES DE SERAPILHEIRA NA FISIONOMIA MAIS DESENVOLVIDA DA CAPOEIRA NA RNSM, NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR. AS BARRAS REPRESENTAM O PERCENTUAL DE DEPOSIÇÃO DURANTE O PERÍODO ESTUDADO

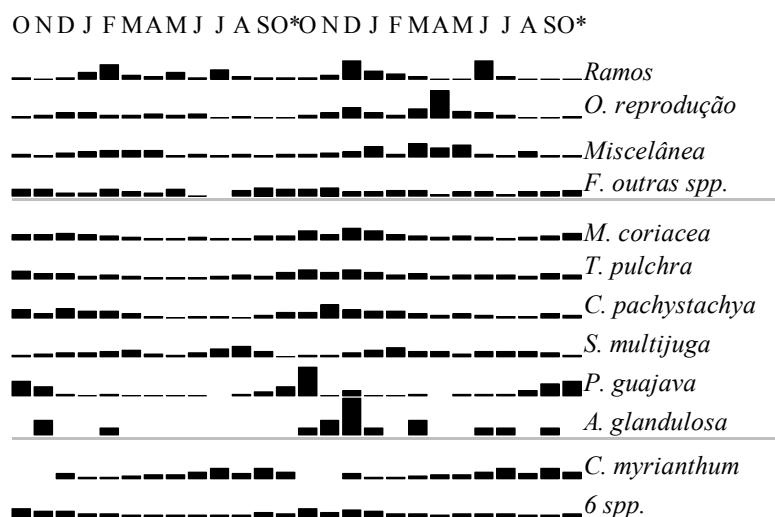


FIGURA 19 - COMPORTAMENTO SAZONAL DAS FRAÇÕES E SUBFRAÇÕES DE SERAPILHEIRA NA FISIONOMIA MENOS DESENVOLVIDA DA CAPOEIRA NA RNSM, NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR. AS BARRAS REPRESENTAM O PERCENTUAL DE DEPOSIÇÃO DURANTE O PERÍODO ESTUDADO

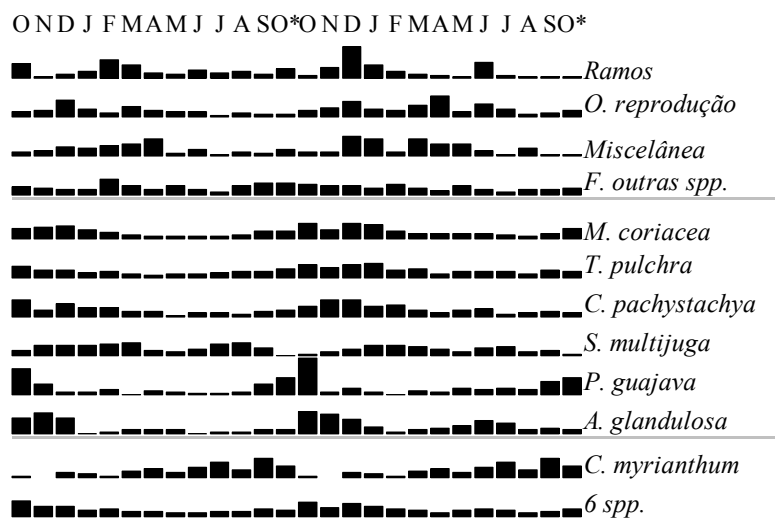


FIGURA 20 - COMPORTAMENTO SAZONAL DAS FRAÇÕES E SUBFRAÇÕES DE SERAPILHEIRA, CONSIDERANDO A MÉDIA DAS DUAS FISIONOMIAS DA CAPOEIRA NA RNSM, NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR. AS BARRAS REPRESENTAM O PERCENTUAL DE DEPOSIÇÃO DURANTE O PERÍODO ESTUDADO

4.1.4.4 Fração ramos

Segundo as Figuras 18, 19 e 20, os picos de queda dessa fração ocorreram no verão e no final do outono. Como já comentado, esta fração foi enquadrada no padrão intermediário de deposição (Quadro 1). Foram encontradas correlações moderadas com os valores médios mensais das variáveis meteorológicas (precipitação e temperatura) dos meses seguintes (Anexos 10 e 11). Foi obtido um r_s máximo de 0,513 ($p < 0,02$) com os valores das temperaturas médias dos meses seguintes. Foram encontradas correlações negativas dos seis e sete meses anteriores à deposição, alcançando um $r_s = -0,440$ ($p < 0,03$) com a temperatura mínima de sete meses antecedentes. Tais valores indicam um padrão de deposição que tem seus picos, basicamente nos meses mais quentes e chuvosos. No entanto, deve-se considerar que as estimativas da deposição de ramos em alguns meses, principalmente para a fisionomia menos desenvolvida da capoeira, indicaram grandes erros amostrais, que podem ter prejudicado a confiabilidade de tais resultados (Tabela 5).

4.1.4.5 Órgãos de reprodução

As correlações encontradas também situam claramente a fenofase de queda de flores e frutos com o ciclo sazonal das variáveis meteorológicas. Foram obtidas correlações moderadas das variáveis meteorológicas com a deposição dessa fração durante o período correspondente e o mês imediato (padrão intermediário - Quadro 1). Correlações negativas foram detectadas entre os valores médios mensais de precipitação e temperatura dos cinco e dos seis meses anteriores aos valores médios mensais de deposição da fração (Anexos 10 e 11). Da correlação obtida entre a deposição e os valores de precipitação dos seis meses anteriores foi obtido $r_s = -0,520$ ($p < 0,01$). Para a correlação com os valores de temperatura média dos cinco meses anteriores a deposição foi obtido um $r_s = -0,552$ ($p < 0,008$). Também foi encontrado um r_s de $-0,638$ ($p < 0,002$) com a temperatura mínima de sete meses posteriores. Segundo as Figuras 18, 19 e 20, foram detectados três máximos de queda dessa fração. O primeiro ocorreu entre novembro e dezembro (provavelmente referente ao final da floração) e o segundo entre março e abril (referente ao final da frutificação). O terceiro pico ocorreu em junho. TALORA e MORELLATO (2000), em estudo em floresta atlântica, encontraram um maior número de espécies frutificando entre junho e agosto. MARQUES e OLIVEIRA (2004) encontraram o pico de frutificação para espécies do dossel de restinga entre março e maio. Também encontraram correlações significativas positivas das fenofases brotamento e floração, basicamente com o comprimento do dia e temperatura do mesmo período das observações e negativas com a temperatura de quatro meses anteriores. Já para frutos imaturos e maduros, as correlações foram positivas com a precipitação, fotoperíodo e temperatura de quatro meses antecedentes. TALORA e MORELLATO (2000) e MORELLATO *et al.* (2000) detectaram fortes correlações positivas da floração com a temperatura e o comprimento do dia do mesmo período das observações e correlações negativas da frutificação com as mesmas variáveis meteorológicas. CHAPMAN *et al.* (2005), em estudo fenológico em floresta tropical na Uganda, encontraram correlações positivas da frutificação com a precipitação pluviométrica e a temperatura máxima dos nove e dez meses precedentes ao período observação dessa fenofase. Também

encontraram correlações negativas com a temperatura máxima de quatro meses precedentes. Tais autores encontraram padrões ainda mais consistentes com as médias mensais de temperatura mínima, embora não tenham apresentado os dados neste trabalho.

4.1.5 Teores de Nutrientes Minerais na Serapilheira Produzida

4.1.5.1 Nutrientes na serapilheira total

No Anexo 12 estão inseridos os resultados das análises químicas efetuadas nas amostras de serapilheira.

Nas Tabelas 6 e 7 estão apresentados os teores médios dos macro, micronutrientes e alumínio da serapilheira total ao longo das estações do ano para cada fisionomia de capoeira. Foram encontradas tendências indicando teores de N e P menores no verão. Somente foram observadas diferenças estatisticamente significativas para os teores de N na fisionomia 1, que foram maiores na primavera do que no verão do primeiro ano estudado ($p < 0,02$). DOMINGOS *et al.* (1997) não encontraram tendência sazonal nos teores, enquanto que SAMPAIO *et al.* (1988) encontraram variações somente para o K, sendo de duas a três vezes maiores no período mais seco. Já DOMINGOS *et al.* (1990), em florestas afetadas pela poluição, em São Paulo, registraram concentrações mais altas de K, Mg, Na, Mn e B no período mais seco, apresentando uma menor perda via lixiviação dos depósitos acumulados sobre a serapilheira.

Nas Tabelas 6 e 7 pode-se notar que os erros padrões para os teores da maioria dos elementos minerais analisados, geralmente ficaram abaixo dos 10%, quando utilizadas dez repetições referentes à serapilheira total coletada e analisada quimicamente em cada uma das dez parcelas de cada fisionomia de capoeira (primavera e verão do primeiro ano do experimento). Somente o Fe e o Al apresentaram erros padrões maiores, respectivamente 20 e 55%. O alumínio foi o elemento com maior variação entre as amostras de serapilheira total, devido à

presença (deposição de folhas) em algumas parcelas, de indivíduos de *Tibouchina pulchra* que é uma espécie acumuladora deste elemento (apresenta mais do que 1000 mg/kg). No entanto, os erros padrões para a maioria dos elementos analisados foram considerados satisfatórios e, portanto, para o restante das estações do ano do experimento, foram utilizadas somente duas repetições referentes à análise de material, agrupando-se em 2 grupos de parcelas por fisionomia, para diminuir os custos com as análises químicas. Nos Anexos 12 e 13, constam os teores médios dos elementos da serapilheira total ao longo das estações do ano, considerando o material das duas fisionomias de capoeira juntas.

TABELA 6 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES DA SERAPILHEIRA TOTAL, AO LONGO DOS MESES DO ANO, EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM; n = N° DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO

Em (g/kg)	Fisio.		N	P	K	Ca	Mg
			média ± EP	média ± EP	média ± EP	média ± EP	média ± EP
ANO I	Primavera	1	17,8 ± 1,5	1,0 ± 0,07	4,6 ± 0,28	14,9 ± 0,74	1,7 ± 0,1
		n = 10	2	12,8 ± 1,5	0,7 ± 0,02	4,0 ± 0,28	12,8 ± 0,93
	Verão	1	13,4 ± 0,7	0,8 ± 0,05	4,0 ± 0,27	15,9 ± 0,84	2,3 ± 0,1
		n = 10	2	9,8 ± 0,4	0,6 ± 0,02	4,9 ± 0,57	15,8 ± 0,80
	Outono	1	15,3	0,8	3,9	14,9	2,3
		n = 2	2	10,7	0,6	3,1	13,5
	Inverno	1	14,6	0,8	4,6	15,8	2,4
		n = 2	2	10,6	0,7	3,5	14,1
ANO II	Primavera	1	17,1	1,1	4,3	14,5	2,6
		n = 2	2	12,3	0,8	3,6	12,2
	Verão	1	7,8	1,0	4,1	14,2	3,1
		n = 2	2	11,4	0,8	3,4	13,7
	Outono	1	14,0	1,1	4,4	14,2	3,5
		n = 2	2	12,1	0,9	3,7	13,9
	Inverno	1	15,6	1,1	5,2	14,5	3,3
		n = 2	2	12,9	1,2	4,7	13,4

Nas Tabelas 8 e 9 estão inseridos os teores médios de macronutrientes, micronutrientes e alumínio da serapilheira total para cada fisionomia de capoeira. Nota-se que os teores de N, P, Ca, Cu, Zn e Al diferiram estatisticamente entre as duas fisionomias de capoeira ($p < 0,05$), indicando que na fisionomia 1 (mais

desenvolvida) a serapilheira é mais rica nestes elementos, exceto para o Al, no qual esta fisionomia é mais pobre, principalmente devido à menor deposição de folhas de indivíduos de *Tibouchina pulchra* que são riquíssimas neste elemento. A Tabela 19 indica uma maior eficiência no uso dos nutrientes na fisionomia menos desenvolvida. Provavelmente isto se deve a menor quantidade de serapilheira depositada na fisionomia menos desenvolvida, o que resulta em menor quantidade de nutrientes disponíveis nos horizontes superficiais do solo.

TABELA 7 - TEORES MÉDIOS DE MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO DA SERAPILHEIRA TOTAL, AO LONGO DOS MESES DO ANO, EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM; EM g/kg. n = N° DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO

Em (mg/kg)	Fisio.	Fe		Mn		Cu		Zn		Al	
		Média	± EP	Média	± EP	Média	± EP	Média	± EP	Média	± EP
ANO I	Primavera	1	137,0 ± 3,9	304,1 ± 44,5	13,4 ± 1,3	25,9 ± 1,7	2285,6 ± 1315,4				
	n = 10	2	143,2 ± 8,6	215,0 ± 17,4	10,2 ± 0,8	18,5 ± 1,5	2118,3 ± 579,1				
	Verão	1	171,1 ± 37,3	225,2 ± 30,4	12,3 ± 0,8	21,5 ± 1,3	2314,3 ± 1064,0				
	n = 10	2	151,4 ± 11,0	218,6 ± 26,4	9,7 ± 0,7	15,9 ± 0,9	2669,5 ± 894,7				
	Outono	1	138,6	298,1	11,5	27,4	2677,0				
	n = 2	2	125,0	227,0	8,5	19,0	4529,0				
	Inverno	1	150,9	239,8	13,5	28,5	1689,0				
	n = 2	2	175,9	208,4	19,5	19,5	3068,9				
ANO II	Primavera	1	167,9	298,1	10,8	28,6	1440,5				
	n = 2	2	136,4	322,6	11,0	18,4	3153,5				
	Verão	1	130,2	329,3	11,9	24,3	1888,0				
	n = 2	2	122,3	279,0	8,5	18,0	3259,3				
	Outono	1	115,4	228,1	12,9	23,3	1451,7				
	n = 2	2	101,0	254,3	11,2	17,0	2946,4				
	Inverno	1	123,5	284,2	12,8	27,6	1540,8				
	n = 2	2	148,7	246,5	11,4	19,8	2819,7				

TABELA 8 - TEORES MÉDIOS ANUAIS DE MACRONUTRIENTES DA SERAPILHEIRA TOTAL PARA CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, EM, g/kg. n = N° DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO; p = VALORES DAS PROBABILIDADES DE ERROS NOS TESTES DE t DE STUDENT, COMPARANDO OS VALORES MÉDIOS ENTRE AS FISIONOMIAS

	Em (g/kg)	n	N		P		K		Ca		Mg	
			Média ±	EP	Média ±	EP	Média ±	EP	Média ±	EP	Média ±	EP
Média anual	Fisio. 1	8	14,45 ±	1,09	0,96 ±	0,042	4,38 ±	0,15	14,87 ±	0,241	2,64 ±	0,217
	Fisio. 2	8	11,58 ±	0,393	0,78 ±	0,068	3,85 ±	0,226	13,68 ±	0,368	2,35 ±	0,167
Valor de p			P < 0,05		P < 0,05		P = 0,075		P < 0,05		P = 0,31	

NOTA: utilizando as médias para cada estação durante os dois anos como repetições

TABELA 9 - TEORES MÉDIOS ANUAIS DE MICRONUTRIENTES E DE ALUMÍNIO DA SERAPILHEIRA TOTAL PARA CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, EM, mg/kg. n = N° DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO; p = VALORES DAS PROBABILIDADES DE ERROS NOS TESTES DE t DE STUDENT, COMPARANDO OS VALORES MÉDIOS ENTRE AS FISIONOMIAS

	Em (mg/kg)	n	Fe		Mn		Cu		Zn		Al	
			Média ±	EP	Média ±	EP	Média ±	EP	Média ±	EP	Média ±	EP
Média anual	Fisio. 1	8	141,8 ±	7,1	275,9 ±	13,9	12,4 ±	0,3	25,9 ±	0,9	1910,9 ±	164,1
	Fisio. 2	8	138,0 ±	8,0	246,4 ±	13,7	11,2 ±	1,2	18,3 ±	0,5	3070,6 ±	243,3
Valor de p			p = 0,72		p = 0,15		p < 0,01*		P < 0,01		p < 0,01	

NOTA: utilizando as médias para cada estação durante os dois anos como repetições

4.1.5.2 Nutrientes nas demais frações da serapilheira

Nas Tabelas 10 e 11, constam os teores médios dos macronutrientes, micronutrientes e alumínio de cada fração de serapilheira. As análises foram realizadas para as frações, considerando o material coletado das duas fisionomias de capoeira juntas. Para todas as estações do ano estudadas, considerando em ordem decrescente as concentrações minerais para cada fração, tem-se:

Folhas (total) e de outras spp.:	N > Ca > K > Mg > Al > P > Mn > Fe > Zn > Cu
ramos:	Ca > N > K > Mg > Al > P > Mn > Fe > Zn > Cu
órgãos de reprodução:	N > Ca > K > Mg > P > Al > Mn > Fe > Zn > Cu
miscelânea:	N > Ca > K > Al > Mg > P > Fe > Mn > Zn > Cu
<i>Myrsine coriacea</i> :	} N > Ca > K > Mg > P > Al > Mn > Fe > Zn > Cu
<i>Alchornea glandulosa</i> :	
<i>Psidium guajava</i>	
<i>Senna multijuga</i> :	
<i>Cecropia pachystachya</i> :	Ca > N > K > Mg > P > Al > Mn > Fe > Zn > Cu
<i>Tibouchina pulchra</i> :	Ca > Al > N > K > Mg > P > Fe > Mn > Zn > Cu
<i>Citharexylum myrianthum</i> :	Ca > N > Mg > K > P > Al > Mn > Fe > Zn > Cu

N e Ca foram os macronutrientes em maior concentração seguidos de K, Mg e P, exceto para a fração folhas de *C. myrianthum* na qual o Mg foi mais abundante que o K. Os teores de Al se destacaram nas frações miscelânea e principalmente de *T. pulchra* onde só foram menores que os de Ca. A mesma ordem predominante nas frações observadas neste trabalho (N > Ca > K > Mg > P) foi também encontrada em outros estudos em floresta atlântica (SAMPAIO *et al.*, 1988; BRITZ, 1994; CUSTÓDIO-FILHO *et al.*, 1996; DOMINGOS *et al.*, 1997; MORAES *et al.*, 1999; PORTES, 2001; PINTO e MARQUES, 2003; BRITZ *et al.*, 2005; entre outros autores).

TABELA 10 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES DE CADA FRAÇÃO DE SERAPILHEIRA (CONSIDERANDO O MATERIAL DAS DUAS FISIONOMIAS), EM g/kg. n = N° DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO; REFERENTE A OITO PERÍODOS (ESTAÇÕES DO ANO). VALORES EM COLUNAS SEGUIDOS DE MESMA LETRA NÃO DIFEREM PELO TESTE DE DUNCAN ($p < 0,05$)

Em (g/kg)	N	P	K	Ca	Mg
n = 8	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP
Ramos	8,07 ± 0,71 A	0,37 ± 0,06 A	2,41 ± 0,21 A	9,00 ± 0,54 A	1,68 ± 0,13 AB
Órg. de reprod.	17,24 ± 1,34 CDE	1,76 ± 0,14 E	6,73 ± 0,50 E	7,10 ± 0,40 A	2,08 ± 0,18 BC
Miscelânea	25,12 ± 2,15 F	1,79 ± 0,08 E	4,21 ± 0,17 C	13,90 ± 0,72 BCD	2,60 ± 0,21 CDE
F. de outras spp.	17,51 ± 1,04 DE	1,21 ± 0,14 D	4,21 ± 0,16 C	15,02 ± 0,51 D	3,16 ± 0,20 E
<i>M. coriacea</i>	14,40 ± 1,24 BCD	0,78 ± 0,05 BC	4,25 ± 0,24 C	8,89 ± 0,15 A	1,66 ± 0,06 AB
<i>A. glandulosa</i>	20,87 ± 2,02 E	1,02 ± 0,10 D	3,98 ± 0,20 BC	14,81 ± 1,31 CD	2,23 ± 0,27 BCD
<i>P. guajava</i>	15,16 ± 0,86 BCD	1,06 ± 0,05 D	5,97 ± 0,38 DE	12,63 ± 0,44 BC	3,02 ± 0,21 E
<i>S. multijuga</i>	18,03 ± 1,15 DE	0,97 ± 0,05 CD	3,42 ± 0,14 B	12,27 ± 1,16 B	2,12 ± 0,18 BC
<i>C. pachystachya</i>	11,79 ± 0,84 AB	0,73 ± 0,05 B	5,43 ± 0,51 D	14,19 ± 0,38 BCD	2,71 ± 0,18 DE
<i>T. pulchra</i>	13,20 ± 1,20 BC	0,71 ± 0,08 B	2,54 ± 0,14 A	17,54 ± 0,79 E	1,43 ± 0,11 A
<i>C. myrianthum*</i>	13,82 ± 0,90 BC*	1,06 ± 0,02 D*	3,07 ± 0,24 B*	15,21 ± 0,88 D*	3,68 ± 0,36 E*

*apenas locada a média mais próxima (apenas um ano de amostragem, n = 4)

TABELA 11 - TEORES MÉDIOS DE MICRONUTRIENTES E DE ALUMÍNIO DE CADA FRAÇÃO DE SERAPILHEIRA (CONSIDERANDO O MATERIAL DAS DUAS FISIONOMIAS), EM, mg/kg. n = N° DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO; REFERENTE A OITO PERÍODOS (ESTAÇÕES DO ANO). VALORES EM COLUNAS SEGUIDOS DE MESMA LETRA NÃO DIFEREM PELO TESTE DE DUNCAN ($p < 0,05$)

Em (mg/kg)	Fe	Mn	Cu	Zn	Al
n = 8	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP
Ramos	94,6 ± 9,5 A	273,7 ± 26,1 B	15,1 ± 1,2 DE	35,4 ± 2,0 D	696,3 ± 105,1 BC
Órg. de Reprod.	114,2 ± 10,7 AB	139,6 ± 12,6 A	14,4 ± 1,0 DE	22,7 ± 1,7 BC	929,1 ± 93,3 C
Miscelânea	313,3 ± 89,7 D	274,5 ± 16,6 B	16,2 ± 1,8 E	38,8 ± 2,2 D	2901,0 ± 252,0 E
F. de outras spp.	166,0 ± 21,9 C	427,3 ± 50,9 C	16,2 ± 1,3 E	34,4 ± 2,5 D	1701,1 ± 137,8 D
<i>M. coriacea</i>	149,2 ± 16,9 BC	124,8 ± 14,1 A	10,1 ± 1,0 ABC	19,2 ± 1,4 B	491,0 ± 66,3 AB
<i>A. glandulosa</i>	144,8 ± 15,0 BC	410,8 ± 60,2 C	12,4 ± 1,3 CD	26,6 ± 3,0 C	506,8 ± 80,1 AB
<i>P. guajava</i>	134,9 ± 22,9 BC	266,9 ± 35,0 B	17,9 ± 1,4 E	26,6 ± 2,1 C	439,0 ± 80,8 AB
<i>S. multijuga</i>	138,4 ± 5,2 BC	256,5 ± 30,2 B	10,6 ± 0,7 BC	20,8 ± 1,5 B	441,1 ± 61,7 AB
<i>C. pachystachya</i>	115,1 ± 7,7 AB	259,0 ± 14,2 B	7,0 ± 0,7 A	15,2 ± 1,2 A	337,9 ± 84,6 A
<i>T. pulchra</i>	133,1 ± 11,2 BC	66,5 ± 4,5 A**	8,2 ± 0,8 AB	12,7 ± 0,6 A	14008,1 ± 416,5 F
<i>C. myrianthum*</i>	134,9 ± 10,7 BC*	206,0 ± 64,2 B*	17,8 ± 1,9 E*	26,5 ± 3,1 C*	423,7 ± 116,0 AB*

*apenas locada a média mais próxima (apenas um ano de amostragem, n = 4)

As frações miscelânea e *T. pulchra* foram as únicas com maiores concentrações de Fe do que de Mn. Para todas as frações, Zn e Cu foram os elementos em menores concentrações. BRITTEZ (1994), MORAES *et al.* (1999) e PINTO e MARQUES (2003) encontraram a mesma seqüência para os teores de micronutrientes encontrada no presente trabalho (Mn < Fe < Zn < Cu).

Como consta na Tabela 10, os mais altos valores de N foram encontrados na fração miscelânea (2,5% da massa seca, ou 25 g/kg). Segundo SANTOS (1989), BRITTEZ (1994), DOMINGOS *et al.* (1997), entre outros autores, essa fração é constituída por fragmentos das demais frações e por material de origem animal, como excrementos e fragmentos de artrópodes, ricos em N. A fração ramos apresentou o menor teor desse elemento. Entre as espécies analisadas, *A. glandulosa* e *S. multijuga* apresentaram os maiores teores de N em suas folhas depositadas. A fração ramos foi a menos concentrada neste elemento (0,8%).

As maiores concentrações de P foram encontradas nas frações órgãos de reprodução e miscelânea (0,18%). Isso provavelmente se deve a grande participação deste elemento nos processos metabólicos fundamentais na formação de flores, frutos e sementes. Das espécies analisadas, *T. pulchra*, *C. pachystachya* e *M. coriacea* apresentaram os menores concentrações deste elemento. A fração ramos também foi a mais pobre (0,04%).

As frações mais ricas em K foram órgãos de reprodução e folhas de *Psidium guajava* (quase 0,7%). LARCHER (1986), entre outros autores, justifica este padrão para este elemento pelo fato de estar presente nos tecidos jovens de metabolismo intenso, como os das flores e frutos. Ramos e *T. pulchra* apresentaram as menores concentrações deste elemento.

As maiores concentrações de Ca foram registradas para fração de folhas de *T. pulchra* (quase 1,8% da massa seca). Órgãos de reprodução e ramos apresentaram as menores concentrações deste macronutriente. A baixa mobilidade desse elemento na planta, faz com que ele tenda a se acumular nas folhas à medida que estas vão envelhecendo, justificando as maiores concentrações na serapilheira foliar.

Os maiores teores de Mg foram registrados nas frações folhas de *C. myrianthum*, *P. guajava* e folhas de outras espécies (aproximadamente 0,4%). Sua presença nas folhas é atribuída ao fato de estar presente na estrutura molecular da clorofila. *T. pulchra*, *M. coriacea* e a fração ramos indicaram os menores teores deste elemento.

Como apresentado na Tabela 11, o maior teor médio de Fe (0,03%, ou 300 mg/kg) foi detectado na fração miscelânea. As frações ramos, órgãos de reprodução e folhas de *C. pachystachya* apresentaram os menores teores deste micronutriente.

Os maiores teores de Mn foram encontrados para as frações folhas de outras espécies e de *A. glandulosa* (0,04%). As folhas depositadas por *T. pulchra* apresentaram os menores teores deste micronutriente.

As maiores concentrações de Cu foram encontradas nas folhas de *P. guajava* e *C. myrianthum* (quase 0,002%). *C. pachystachya*, *T. pulchra* e *M. coriacea* indicaram os menores teores de Cu.

Para o Zn, as frações miscelânea, folhas de outras espécies e ramos apresentaram os maiores teores (quase 0,004%). A deposição foliar de *C. pachystachya* e *T. pulchra* indicaram os menores teores deste micronutriente.

Altíssimas concentrações de Al foram registradas nas folhas de *T. pulchra* (1,4% da massa seca), indicando ser uma espécie acumuladora deste elemento. KLUMPP *et al.* (1996), estudando o impacto por F (flúor) em espécies nativas da floresta atlântica, na região de Cubatão, em São Paulo, encontraram altos teores de F, acompanhados também de Al nas folhas de *Tibouchina pulchra*. DOMINGOS *et al.* (2003) concluíram que essa espécie não tem grandes dificuldades em absorver Al do solo, revelando alta capacidade de acumulação desse elemento, corroborando com a alta disponibilidade desse elemento nos solos ácidos, comuns na floresta atlântica. Esses autores encontraram uma maior absorção de complexos de Al-F do que de Al não ligado ao F, em sítios afetados pela poluição do solo e do ar por F. BRITZ (2001) e BRITZ *et al.* (2002), estudaram duas espécies da planície litorânea da Ilha do Mel no Paraná: *Faramea marginata* que é uma espécie acumuladora de Al (seus teores nas folhas alcançaram 18500 mg/kg, 100 vezes mais que os das demais espécies da comunidade) e *Tapirira guianensis* que é

altamente tolerante, mas não acumuladora de Al. Para *F. marginata* foi sugerido que um dos principais mecanismos de desintoxicação do Al ocorre através do acúmulo deste elemento, juntamente com o Si (silício) na região do apoplasto foliar, onde os espaços intercelulares são maiores. Formações de complexos ou de membranas impermeáveis que impedem o aumento dos teores de Al no simplasto e organelas, acúmulo na raiz, amenizando seu transporte em formas e quantidades tóxicas para as partes aéreas das plantas e exsudação de substâncias orgânicas pela raiz que quelam o Al, tornando-o menos tóxico, são alguns mecanismos de tolerância citados na literatura (BRITEZ 2001; BRITEZ *et al.* 2002; DOMINGOS *et al.* 2003; entre outros). Essa espécie muito comum nas duas fisionomias de capoeira estudadas, principalmente na fisionomia menos avançada (aproximadamente 20% da área basal: 1,4 m²/ha) provavelmente está melhorando as condições do solo (principalmente relacionadas à toxidez pelo Al) para espécies mais exigentes que se estabelecerão na sucessão. As frações foliares das outras espécies apresentaram em média um teor de 0,04% deste elemento, ou seja, 35 vezes menor que para *T. pulchra*.

O coeficiente de variação médio das concentrações dos elementos ao longo dos oito períodos analisados (oito estações do ano) foi de aproximadamente 20% para os macronutrientes e de 25% para os micronutrientes.

Os teores dos macronutrientes encontrados neste trabalho foram muito similares ao trabalho de PORTES (2001), em floresta altomontana no Paraná. Os teores de N no presente trabalho estão sensivelmente maiores que os estimados em trechos de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (WISNIEWSKI, 1997; PINTO e MARQUES; 2003) e em formações pioneiras de influência marinha (em torno de 1% da massa seca) (BRITEZ, 1994; MORAES *et al.* 1999) e um pouco menores que os teores registrados para florestas estacionais (geralmente acima de 2% da massa seca)(SANTOS, 1989; CUNHA *et al.*, 1993; CESAR, 1993b).

As concentrações de P estão geralmente duas vezes mais altas que as encontradas por outros autores em Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas e restingas (BRITEZ, 1994; WISNIEWSKI, 1997; MORAES *et al.* 1999; PINTO e MARQUES; 2003) e em florestas de terra firme na Amazônia, geralmente em locais com solos arenosos (CUEVAS e MEDINA, 1986). Os valores para o K, no presente

estudo, apresentaram valores um pouco maiores do que para tais florestas e também para um Cerradão estudado por PERES *et al.* (1983).

Os teores de Ca encontrados neste estudo estão sensivelmente maiores que os encontrados para trechos de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas e para formações pioneiras de influência marinha (em torno de 0,9% da massa seca) e um pouco menores que os para florestas estacionais (geralmente em torno de 2% da massa seca) (CARPANEZZI, 1980; CUNHA *et al.*, 1993; SOUZA; DAVIDE, 2001; entre outros).

Os teores de Mg na serapilheira são bastante similares dentre os disponíveis na literatura (SILVA, 1984; BRITTEZ *et al.*, 1992; BRITTEZ, 1994; entre outros). Os micronutrientes como o Fe e o Mn são muito variáveis dentre os disponíveis na literatura (SILVA, 1984; SANTOS, 1989; LEITÃO FILHO *et al.*; 1993; BRITTEZ, 1994; TOLEDO *et al.*, 2000; entre outros).

A Figura 21 apresenta a análise de agrupamentos com base na composição nutricional (teores de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn e Al) das frações foliares depositadas amostradas durante os dois anos de pesquisa. É possível destacar que o grupo composto pelas espécies mais importantes estruturalmente na área de estudo (*Myrsine coriacea*, *Tibouchina pulchra* e *Cecropia pachystachya*) é também o mais similar nos aspectos nutricionais de suas folhas depositadas. Analisando o dendrograma da Figura 22, com base somente nos teores dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg, percebe-se que as folhas de *Senna multijuga* e *Alchornea glandulosa* são as mais similares entre si nos teores destes elementos, se diferenciando do restante das frações principalmente pelos seus elevados níveis de N. *Psidium guajava* e *C. pachystachya* se agruparam principalmente pelos altos teores de K e Mg, enquanto que *T. pulchra* se diferenciou por conter altos teores de Ca e baixos de K (Tabela 10). Na análise da Figura 23, que é baseada nos teores dos micronutrientes Fe, Mn, Cu e Zn nas folhas depositadas, nota-se um grupo provavelmente determinado pelos teores de Mn (folhas de outras espécies e *A. glandulosa*), outro pelos teores de Cu (*P. guajava* e *C. myrianthum*) e outro determinado principalmente pelas concentrações de Zn (Tabela 11).

Na Figura 24 está apresentado o dendrograma baseado nos teores médios de macronutrientes, micronutrientes e alumínio, referentes às amostras de

serapilheira total por parcela em cada fisionomia. Foi possível separar nutricionalmente a serapilheira das duas fisionomias de capoeira, indicando que a fisionomia mais desenvolvida apresenta maiores concentrações dos elementos minerais.

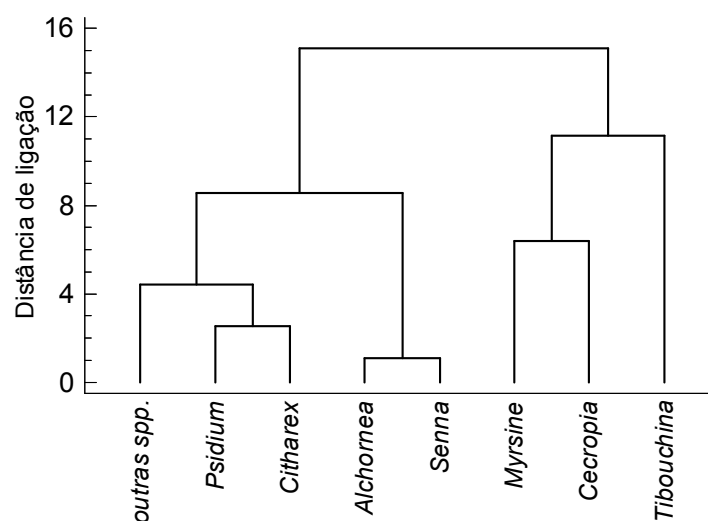


FIGURA 21 - DENDROGRAMA BASEADO NOS TEORES DE MACRONUTRIENTES, MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO DAS FRAÇÕES FOLIARES DA SERAPILHEIRA. FORAM UTILIZADOS A DISTÂNCIA EUCLIDIANA E O MÉTODO WARD'S DE LIGAÇÃO

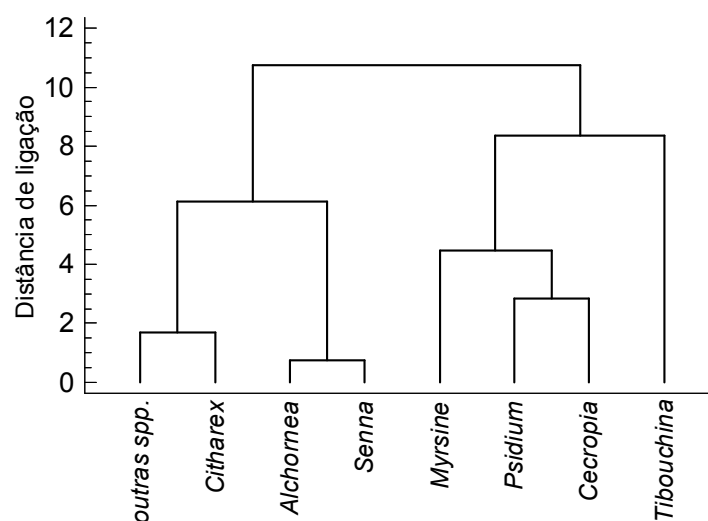


FIGURA 22 - DENDROGRAMA BASEADO NOS TEORES DE MACRONUTRIENTES NAS FRAÇÕES FOLIARES DA SERAPILHEIRA. FORAM UTILIZADOS A DISTÂNCIA EUCLIDIANA E O MÉTODO WARD'S DE LIGAÇÃO

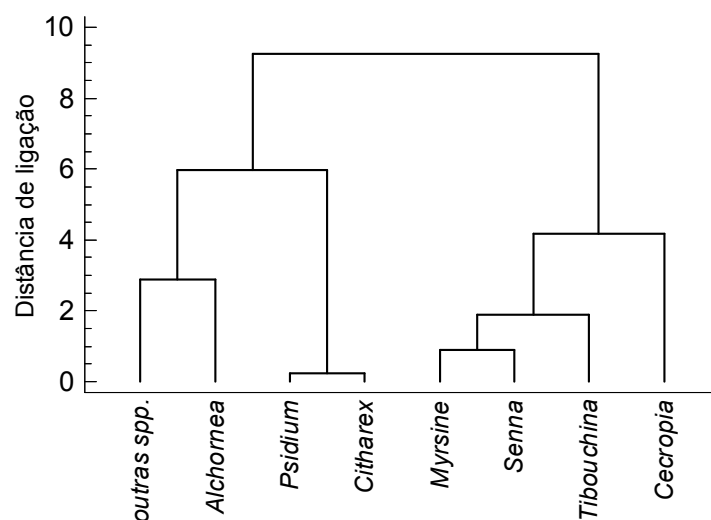


FIGURA 23 - DENDROGRAMA BASEADO NOS TEORES DE MICRONUTRIENTES NAS FRAÇÕES FOLIARES DA SERAPILHEIRA. FORAM UTILIZADOS A DISTÂNCIA EUCLIDIANA E O MÉTODO WARD'S DE LIGAÇÃO

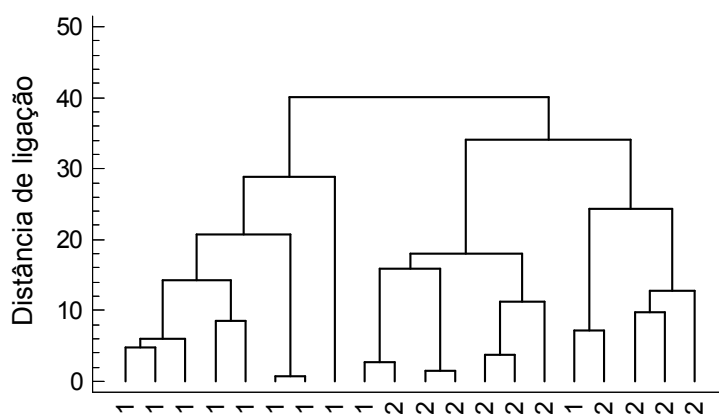


FIGURA 24 - DENDROGRAMA BASEADO NOS TEORES DE MACRO, MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO NA SERAPILHEIRA TOTAL POR PARCELA EM CADA FISIONOMIA. (VALORES MÉDIOS ENTRE A PRIMAVERA E O VERÃO DO PRIMEIRO ANO ESTUDADO, SEGUNDO TABELAS 8 E 9). OS NÚMEROS (1 E 2) REPRESENTAM A FISIONOMIA NA QUAL CADA PARCELA ESTÁ INSERIDA. FORAM UTILIZADOS A DISTÂNCIA EUCLIDIANA E O MÉTODO WARD'S DE LIGAÇÃO

4.1.6 Quantidades de Nutrientes Minerais na Serapilheira Produzida

Conforme as TABELAS 12 a 17, a quantidade de elementos depositados nos dois anos estudados, segue praticamente a mesma ordem dos teores em cada fração. Na fisionomia 1 a fração folhas depositou em média 75% dos macronutrientes analisados, 67,5% dos micronutrientes e 81% de alumínio. Na fisionomia menos desenvolvida esses valores foram maiores devido a uma maior participação na deposição de folhas, sendo respectivamente: 81%, 75% e 93%. Entre os macronutrientes, esses valores percentuais da fração foliar foram maiores que os encontrados por PORTES (2000), em floresta altomontana no Paraná (60-65%).

A quantidade média anual de elementos depositados na fisionomia mais desenvolvida, considerando a somatória das frações de serapilheira ("Total 1" das Tabelas 12 e 13), foi 93 kg/ha de N; 79 kg/ha de Ca; 24 kg/ha de K; 15 de Mg; 5,7 kg/ha de P; 1,8 kg/ha de Mn; 0,94 kg/ha de Fe; 0,18 kg/ha de Zn; 0,09 kg/ha de Cu e 11,2 kg/ha de Al. Menos da metade da quantidade destes elementos foram depositados na fisionomia menos desenvolvida, exceto para o Al, no qual a deposição foi semelhante à fisionomia 1, devido à grande contribuição de indivíduos de *T. pulchra*. Esta espécie, que depositou 24% das folhas na fisionomia menos desenvolvida, foi responsável pelo aporte de 82% do Al para a superfície do solo, indicando novamente sua importância durante a sucessão. BRITZ (2001) citou que a espécie *Faramea marginata* contribuiu com cerca de 60% do Al depositado em floresta na planície litorânea da Ilha do Mel no Paraná, embora tenha participado com apenas com 2% da deposição total de folhas. É preciso investigar em que forma este elemento é depositado para saber se ele fica disponível rapidamente ou não, na manta de serapilheira (Tabelas 12 a 17). As folhas das sete espécies mais importantes analisadas representaram em torno de 50% dos elementos depositados na superfície do solo da capoeira na fisionomia 1. Já para a fisionomia 2 este valor ficou em torno de 70%.

De acordo com a Tabela 12, na fisionomia mais desenvolvida, *M. coriacea* foi a espécie com o maior aporte anual de N e de K, respectivamente 9,5 kg/ha e 2,7 kg/ha. A fração de folhas de *C. myrianthum* foi responsável pelo maior aporte de P

(0,65 kg/ha/ano), de Ca (9,8 kg/ha/ano) e de Mg (2,5 kg/ha/ano). Já para a fisionomia menos desenvolvida, *C. pachystachya* contribuiu anualmente com 10,3 kg/ha de N; 0,61 kg/ha de P; 4,6 kg/ha de K; 12 kg/ha de Ca e com 2,2 kg/ha Mg, valores similares e alguns até superiores aos depositados pelas espécies de maior aporte na fisionomia mais desenvolvida.

Entre os micronutrientes, na fisionomia 1, *M. coriacea* participou com a maior deposição de Fe (0,1 kg/ha/ano) e *A. glandulosa* com a maior deposição de Mn (0,11 kg/ha/ano). As folhas depositadas por *C. myrianthum* contribuíram com 0,012 kg/ha/ano de Cu e com 0,018 kg/ha/ano de Zn. Para a fisionomia menos desenvolvida, *C. pachystachya* apresentou também os maiores aportes de micronutrientes durante o período estudado. Para a fisionomia mais desenvolvida, *T. pulchra* contribuiu anualmente com 5,3 kg/ha de Al e para a fisionomia menos desenvolvida com 7,9 kg/ha (Tabela 13).

Foram observadas maiores quantidades de N, P, Mg, Mn e Cu depositadas no segundo ano do experimento (Tabelas 14 a 17).

O cálculo da deposição dos elementos pôde ser realizado de duas formas (vide notas das Tabelas 12 a 17). Para o cálculo do “Total 2”, que leva em consideração somente os teores da serapilheira total para cada fisionomia de capoeira, os valores estimados para N, P, Ca, Cu, Na e Al podem ter sido subestimados para a fisionomia 1 e superestimados para a fisionomia 2, devido às diferenças estatísticas entre os teores destes elementos em cada fisionomia (Tabelas 8 e 9). Portanto, optou-se em considerar mais interessante o “Total 1”, que considera os teores de cada fração de serapilheira, apesar destes não estarem separados pela fisionomia de capoeira.

TABELA 12 - QUANTIDADES ANUAIS DE MACRONUTRIENTES DEPOSITADOS PELA SERAPILHEIRA EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM. MÉDIA DOS DOIS ANOS ESTUDADOS, EXPRESSOS EM (kg/ha). VALORES EM PARÊNTESES REPRESENTAM OS PERCENTUAIS DO FLUXO TOTAL 1*

FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA					
Fração	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)
Ramos	10,47 (11)	0,46 (8)	3,12 (13)	11,98 (15)	2,12 (14)
Órgãos de Reprodução	4,96 (5)	0,49 (9)	1,85 (8)	1,98 (3)	0,61 (4)
Miscelânea	7,90 (9)	0,56 (10)	1,33 (6)	4,39 (6)	0,84 (6)
Folhas de outras spp.	24,20 (26)	1,53 (27)	5,87 (24)	20,24 (26)	3,75 (25)
<i>F. Myrsine coriacea</i>	9,49 (10)	0,51 (9)	2,71 (11)	5,83 (7)	1,09 (7)
<i>F. Alchornea glandulosa</i>	5,62 (6)	0,25 (4)	0,94 (4)	3,99 (5)	0,55 (4)
<i>F. Psidium guajava</i>	4,92 (5)	0,34 (6)	1,86 (8)	4,12 (5)	1,00 (7)
<i>F. Senna multijuga</i>	7,23 (8)	0,38 (7)	1,37 (6)	4,77 (6)	0,83 (6)
<i>F. Cecropia pachystachya</i>	4,76 (5)	0,28 (5)	2,00 (8)	5,51 (7)	1,02 (7)
<i>F. Tibouchina pulchra</i>	5,10 (6)	0,27 (5)	0,94 (4)	6,55 (8)	0,53 (4)
<i>F. Citharexylum myrianthum</i>	8,05 (9)	0,65 (11)	2,02 (8)	9,80 (12)	2,48 (17)
Folhas das 7 espécies	45,18 (49)	2,68 (47)	11,85 (49)	40,59 (51)	7,50 (51)
Folhas (total)	69,38 (75)	4,21 (74)	17,72 (74)	60,83 (77)	11,26 (76)
TOTAL 1*	92,72	5,71	24,02	79,19	14,83
TOTAL 2**	92,01	6,09	27,86	94,67	16,81
FISIONOMIA DE CAPOEIRA MENOS DESENVOLVIDA					
Fração	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)
Ramos	2,63 (6)	0,11 (4)	0,75 (6)	2,86 (7)	0,53 (8)
Órgãos de Reprodução	3,42 (8)	0,34 (13)	1,23 (10)	1,30 (3)	0,42 (6)
Miscelânea	2,19 (5)	0,16 (6)	0,38 (3)	1,25 (3)	0,25 (4)
Folhas de outras spp.	4,60 (11)	0,29 (11)	1,14 (9)	3,79 (10)	0,64 (9)
<i>F. Myrsine coriacea</i>	4,19 (10)	0,22 (9)	1,18 (10)	2,54 (6)	0,48 (7)
<i>F. Alchornea glandulosa</i>	0,21 (0)	0,01 (0)	0,03 (0)	0,15 (0)	0,02 (0)
<i>F. Psidium guajava</i>	1,19 (3)	0,08 (3)	0,44 (4)	0,99 (2)	0,25 (4)
<i>F. Senna multijuga</i>	2,78 (7)	0,15 (6)	0,53 (4)	1,94 (5)	0,34 (5)
<i>F. Cecropia pachystachya</i>	10,26 (24)	0,61 (23)	4,55 (37)	12,04 (30)	2,24 (33)
<i>F. Tibouchina pulchra</i>	7,83 (19)	0,41 (16)	1,41 (11)	9,76 (24)	0,79 (12)
<i>F. Citharexylum myrianthum</i>	2,69 (6)	0,21 (8)	0,66 (5)	3,26 (8)	0,82 (12)
Folhas das 7 espécies	29,15 (69)	1,70 (65)	8,80 (72)	30,67 (77)	4,94 (73)
Folhas (total)	33,75 (80)	1,99 (76)	9,94 (81)	34,46 (86)	5,58 (82)
TOTAL 1*	41,99	2,60	12,30	39,87	6,78
TOTAL 2**	34,86	2,34	11,61	41,18	7,08

* valores referentes à soma das frações (utilizando os teores de cada fração)

** valores utilizando os teores da serapilheira total de cada fisionomia

TABELA 13 - QUANTIDADES ANUAIS DE MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO DEPOSITADOS PELA SERAPILHEIRA EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM. MÉDIA DOS DOIS ANOS ESTUDADOS, EXPRESSOS EM (kg/ha). VALORES EM PARÊNTESES REPRESENTAM OS PERCENTUAIS DO FLUXO TOTAL 1*

FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA					
Fração	Fe (kg/ha)	Mn (kg/ha)	Cu (kg/ha)	Zn (kg/ha)	Al (kg/ha)
Ramos	0,129 (14)	0,369 (22)	0,021 (23)	0,050 (28)	0,855 (8)
Órgãos de Reprodução	0,034 (4)	0,040 (2)	0,004 (5)	0,006 (4)	0,255 (2)
Miscelânea	0,109 (12)	0,086 (5)	0,005 (6)	0,013 (7)	0,998 (9)
Folhas de outras spp.	0,255 (27)	0,590 (34)	0,021 (23)	0,047 (26)	2,674 (24)
<i>F. Myrsine coriacea</i>	0,101 (11)	0,085 (5)	0,007 (8)	0,013 (7)	0,300 (3)
<i>F. Alchornea glandulosa</i>	0,035 (4)	0,114 (7)	0,003 (3)	0,007 (4)	0,113 (1)
<i>F. Psidium guajava</i>	0,049 (5)	0,101 (6)	0,006 (7)	0,009 (5)	0,139 (1)
<i>F. Senna multijuga</i>	0,057 (6)	0,099 (6)	0,004 (5)	0,008 (4)	0,170 (2)
<i>F. Cecropia pachystachya</i>	0,045 (5)	0,102 (6)	0,003 (3)	0,006 (3)	0,131 (1)
<i>F. Tibouchina pulchra</i>	0,051 (5)	0,025 (1)	0,003 (4)	0,005 (3)	5,308 (48)
<i>F. Citharexylum myrianthum</i>	0,080 (8)	0,102 (6)	0,012 (13)	0,018 (10)	0,219 (2)
Folhas das 7 espécies	0,418 (44)	0,628 (37)	0,038 (43)	0,066 (36)	6,381 (57)
Folhas (total)	0,673 (71)	1,218 (71)	0,059 (66)	0,113 (62)	9,055 (81)
TOTAL 1*	0,944	1,713	0,089	0,183	11,163
TOTAL 2**	0,903	1,756	0,079	0,165	12,166
FISIONOMIA DE CAPOEIRA MENOS DESENVOLVIDA					
Fração	Fe (kg/ha)	Mn (kg/ha)	Cu (kg/ha)	Zn (kg/ha)	Al (kg/ha)
Ramos	0,030 (7)	0,093 (14)	0,005 (15)	0,012 (18)	0,233 (2)
Órgãos de Reprodução	0,020 (5)	0,027 (4)	0,003 (8)	0,004 (6)	0,157 (2)
Miscelânea	0,032 (8)	0,025 (4)	0,001 (4)	0,004 (5)	0,277 (3)
Folhas de outras spp.	0,047 (11)	0,121 (18)	0,004 (11)	0,009 (14)	0,544 (6)
<i>F. Myrsine coriacea</i>	0,044 (11)	0,037 (6)	0,003 (9)	0,006 (9)	0,130 (1)
<i>F. Alchornea glandulosa</i>	0,001 (0)	0,005 (1)	0,000 (0)	0,000 (0)	0,004 (0)
<i>F. Psidium guajava</i>	0,012 (3)	0,027 (4)	0,001 (4)	0,002 (3)	0,032 (0)
<i>F. Senna multijuga</i>	0,022 (5)	0,041 (6)	0,002 (5)	0,003 (5)	0,072 (1)
<i>F. Cecropia pachystachya</i>	0,100 (24)	0,221 (33)	0,006 (19)	0,014 (20)	0,241 (2)
<i>F. Tibouchina pulchra</i>	0,077 (19)	0,037 (6)	0,005 (14)	0,007 (11)	7,923 (82)
<i>F. Citharexylum myrianthum</i>	0,027 (7)	0,036 (5)	0,004 (11)	0,006 (9)	0,076 (1)
Folhas das 7 espécies	0,283 (69)	0,405 (60)	0,021 (62)	0,038 (57)	8,478 (88)
Folhas (total)	0,330 (80)	0,525 (78)	0,025 (73)	0,047 (71)	9,022 (93)
TOTAL 1*	0,412	0,670	0,035	0,067	9,688
TOTAL 2**	0,415	0,742	0,034	0,055	9,245

* valores referentes à soma das frações (utilizando os teores de cada fração)

** valores utilizando os teores da serapilheira total de cada fisionomia

TABELA 14 - QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES DEPOSITADOS PELA SERAPILHEIRA EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM, DURANTE O PRIMEIRO ANO ESTUDADO, EXPRESSOS EM (kg/ha). VALORES EM PARÊNTESES REPRESENTAM OS PERCENTUAIS DO FLUXO TOTAL 1*

FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA					
Fração	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)
Ramos	9,94 (11)	0,35 (7)	3,20 (13)	13,71 (17)	2,25 (17)
Órgãos de Reprodução	3,92 (4)	0,39 (8)	1,68 (7)	1,72 (2)	0,47 (4)
Miscelânea	7,87 (9)	0,52 (11)	1,26 (5)	3,87 (5)	0,66 (5)
Folhas de outras spp.	23,45 (26)	1,30 (26)	6,49 (26)	22,28 (27)	3,07 (23)
<i>F. Myrsine coriacea</i>	8,10 (9)	0,47 (9)	2,79 (11)	5,78 (7)	1,03 (8)
<i>F. Alchornea glandulosa</i>	5,18 (6)	0,17 (3)	0,78 (3)	3,39 (4)	0,36 (3)
<i>F. Psidium guajava</i>	4,09 (5)	0,27 (6)	1,86 (8)	3,96 (5)	0,77 (6)
<i>F. Senna multijuga</i>	8,28 (9)	0,42 (8)	1,62 (7)	5,64 (7)	0,81 (6)
<i>F. Cecropia pachystachya</i>	5,00 (6)	0,24 (5)	2,14 (9)	5,51 (7)	0,83 (6)
<i>F. Tibouchina pulchra</i>	4,80 (5)	0,18 (4)	0,79 (3)	6,27 (8)	0,40 (3)
<i>F. Citharexylum myrianthum</i>	8,05 (9)	0,65 (13)	2,02 (8)	9,80 (12)	2,48 (19)
Folhas das 7 espécies	43,50 (49)	2,40 (48)	11,99 (49)	40,36 (49)	6,68 (51)
Folhas (total)	66,95 (75)	3,70 (75)	18,48 (75)	62,64 (76)	9,76 (74)
TOTAL 1*	88,68	4,97	24,63	81,94	13,14
TOTAL 2**	97,70	5,50	27,16	98,28	13,78
FISIONOMIA DE CAPOEIRA MENOS DESENVOLVIDA					
Fração	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)
Ramos	2,25 (6)	0,08 (4)	0,67 (6)	2,92 (8)	0,49 (9)
Órgãos de Reprodução	1,82 (5)	0,17 (9)	0,79 (7)	0,74 (2)	0,22 (4)
Miscelânea	1,85 (5)	0,13 (7)	0,31 (3)	0,92 (2)	0,16 (3)
Folhas de outras spp.	4,19 (11)	0,21 (11)	1,21 (10)	3,91 (10)	0,39 (7)
<i>F. Myrsine coriacea</i>	3,11 (8)	0,18 (10)	1,08 (9)	2,23 (6)	0,40 (8)
<i>F. Alchornea glandulosa</i>	0,09 (0)	0,00 (0)	0,01 (0)	0,05 (0)	0,01 (0)
<i>F. Psidium guajava</i>	0,76 (2)	0,05 (3)	0,35 (3)	0,80 (2)	0,15 (3)
<i>F. Senna multijuga</i>	2,67 (7)	0,14 (7)	0,53 (5)	2,02 (5)	0,28 (5)
<i>F. Cecropia pachystachya</i>	10,30 (28)	0,47 (24)	4,85 (42)	11,64 (31)	1,73 (33)
<i>F. Tibouchina pulchra</i>	7,23 (20)	0,27 (14)	1,13 (10)	9,07 (24)	0,56 (11)
<i>F. Citharexylum myrianthum</i>	2,69 (7)	0,21 (11)	0,66 (6)	3,26 (9)	0,82 (16)
Folhas das 7 espécies	26,85 (73)	1,33 (69)	8,61 (74)	29,06 (77)	3,96 (76)
Folhas (total)	31,04 (84)	1,54 (80)	9,82 (85)	32,98 (88)	4,35 (83)
TOTAL 1*	36,96	1,92	11,60	37,57	5,22
TOTAL 2**	29,35	1,70	10,35	37,55	5,31

* valores referentes à soma das frações (utilizando os teores de cada fração)

** valores utilizando os teores da serapilheira total de cada fisionomia

TABELA 15 - QUANTIDADES DE MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO DEPOSITADOS PELA SERAPILHEIRA EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM, DURANTE O PRIMEIRO ANO ESTUDADO, EXPRESSOS EM (kg/ha). VALORES EM PARÊNTESES REPRESENTAM OS PERCENTUAIS DO FLUXO TOTAL 1*

FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA					
Fração	Fe (kg/ha)	Mn (kg/ha)	Cu (kg/ha)	Zn (kg/ha)	Al (kg/ha)
Ramos	0,167 (15)	0,428 (26)	0,018 (22)	0,054 (29)	0,878 (8)
Órgãos de Reprodução	0,036 (3)	0,028 (2)	0,003 (4)	0,006 (3)	0,198 (2)
Miscelânea	0,147 (13)	0,074 (5)	0,005 (6)	0,013 (7)	0,968 (8)
Folhas de outras spp.	0,328 (29)	0,545 (33)	0,019 (23)	0,049 (27)	3,380 (29)
<i>F. Myrsine coriacea</i>	0,108 (10)	0,082 (5)	0,005 (7)	0,013 (7)	0,340 (3)
<i>F. Alchornea glandulosa</i>	0,028 (2)	0,077 (5)	0,002 (3)	0,005 (3)	0,075 (1)
<i>F. Psidium guajava</i>	0,058 (5)	0,084 (5)	0,006 (7)	0,008 (4)	0,146 (1)
<i>F. Senna multijuga</i>	0,069 (6)	0,097 (6)	0,005 (7)	0,009 (5)	0,210 (2)
<i>F. Cecropia pachystachya</i>	0,045 (4)	0,095 (6)	0,003 (3)	0,005 (3)	0,148 (1)
<i>F. Tibouchina pulchra</i>	0,051 (5)	0,019 (1)	0,003 (3)	0,004 (2)	4,980 (43)
<i>F. Citharexylum myrianthum</i>	0,080 (7)	0,102 (6)	0,012 (15)	0,018 (10)	0,219 (2)
Folhas das 7 espécies	0,438 (39)	0,556 (34)	0,036 (44)	0,063 (34)	6,118 (53)
Folhas (total)	0,765 (69)	1,100 (67)	0,056 (68)	0,112 (61)	9,498 (82)
TOTAL 1*	1,116	1,631	0,082	0,184	11,542
TOTAL 2**	0,954	1,704	0,081	0,165	14,319
FISIONOMIA DE CAPOEIRA MENOS DESENVOLVIDA					
Fração	Fe (kg/ha)	Mn (kg/ha)	Cu (kg/ha)	Zn (kg/ha)	Al (kg/ha)
Ramos	0,035 (8)	0,098 (17)	0,004 (14)	0,012 (20)	0,220 (2)
Órgãos de Reprodução	0,016 (4)	0,013 (2)	0,001 (5)	0,002 (4)	0,095 (1)
Miscelânea	0,041 (10)	0,018 (3)	0,001 (4)	0,003 (5)	0,241 (3)
Folhas de outras spp.	0,057 (13)	0,112 (19)	0,003 (10)	0,009 (15)	0,693 (8)
<i>F. Myrsine coriacea</i>	0,042 (10)	0,032 (5)	0,002 (7)	0,005 (9)	0,134 (1)
<i>F. Alchornea glandulosa</i>	0,001 (0)	0,001 (0)	0,000 (0)	0,000 (0)	0,001 (0)
<i>F. Psidium guajava</i>	0,013 (3)	0,018 (3)	0,001 (4)	0,002 (3)	0,025 (0)
<i>F. Senna multijuga</i>	0,023 (5)	0,034 (6)	0,002 (6)	0,003 (5)	0,082 (1)
<i>F. Cecropia pachystachya</i>	0,096 (23)	0,196 (33)	0,006 (22)	0,011 (18)	0,223 (2)
<i>F. Tibouchina pulchra</i>	0,076 (18)	0,027 (5)	0,004 (13)	0,006 (11)	7,214 (80)
<i>F. Citharexylum myrianthum</i>	0,027 (6)	0,036 (6)	0,004 (14)	0,006 (10)	0,076 (1)
Folhas das 7 espécies	0,277 (65)	0,344 (59)	0,019 (67)	0,033 (56)	7,756 (86)
Folhas (total)	0,335 (78)	0,456 (78)	0,022 (76)	0,042 (71)	8,449 (94)
TOTAL 1*	0,427	0,584	0,029	0,059	9,005
TOTAL 2**	0,398	0,581	0,032	0,049	8,276

* valores referentes à soma das frações (utilizando os teores de cada fração)

** valores utilizando os teores da serapilheira total de a cada fisionomia

TABELA 16 - QUANTIDADES DE MACRONUTRIENTES DEPOSITADOS PELA SERAPILHEIRA EM CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM, DURANTE O SEGUNDO ANO ESTUDADO, EXPRESSOS EM (kg/ha). VALORES EM PARÊNTESES REPRESENTAM OS PERCENTUAIS DO FLUXO TOTAL 1*

FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA					
Fração	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)
Ramos	11,00 (11)	0,56 (9)	3,03 (13)	10,25 (13)	2,00 (12)
Órgãos de Reprodução	6,00 (6)	0,58 (9)	2,03 (9)	2,25 (3)	0,76 (5)
Miscelânea	7,94 (8)	0,61 (9)	1,39 (6)	4,91 (6)	1,02 (6)
Folhas de outras spp.	24,96 (26)	1,76 (27)	5,25 (22)	18,19 (24)	4,43 (27)
<i>F. Myrsine coriacea</i>	10,88 (11)	0,55 (8)	2,64 (11)	5,89 (8)	1,15 (7)
<i>F. Alchornea glandulosa</i>	6,06 (6)	0,33 (5)	1,09 (5)	4,59 (6)	0,74 (4)
<i>F. Psidium guajava</i>	5,75 (6)	0,40 (6)	1,85 (8)	4,28 (6)	1,22 (7)
<i>F. Senna multijuga</i>	6,18 (6)	0,34 (5)	1,13 (5)	3,91 (5)	0,85 (5)
<i>F. Cecropia pachystachya</i>	4,52 (5)	0,33 (5)	1,87 (8)	5,52 (7)	1,22 (7)
<i>F. Tibouchina pulchra</i>	5,40 (6)	0,35 (5)	1,09 (5)	6,84 (9)	0,66 (4)
<i>F. Citharexylum myrianthum</i>	8,05 (8)	0,65 (10)	2,02 (9)	9,80 (13)	2,48 (15)
Folhas das 7 espécies	46,86 (48)	2,95 (46)	11,70 (50)	40,82 (53)	8,32 (50)
Folhas (total)	71,82 (74)	4,71 (73)	16,95 (72)	59,01 (77)	12,76 (77)
TOTAL 1*	96,76	6,46	23,40	76,43	16,53
TOTAL 2**	86,36	6,68	28,56	91,08	19,81
FISIONOMIA DE CAPOEIRA MENOS DESENVOLVIDA					
Fração	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)
Ramos	3,01 (6)	0,15 (5)	0,84 (6)	2,81 (7)	0,56 (7)
Órgãos de Reprodução	5,02 (11)	0,51 (15)	1,67 (13)	1,85 (4)	0,62 (7)
Miscelânea	2,52 (5)	0,20 (6)	0,45 (3)	1,57 (4)	0,34 (4)
Folhas de outras spp.	5,01 (11)	0,36 (11)	1,07 (8)	3,68 (9)	0,89 (11)
<i>F. Myrsine coriacea</i>	5,28 (11)	0,26 (8)	1,28 (10)	2,84 (7)	0,56 (7)
<i>F. Alchornea glandulosa</i>	0,32 (1)	0,02 (1)	0,06 (0)	0,24 (1)	0,04 (0)
<i>F. Psidium guajava</i>	1,63 (3)	0,11 (3)	0,52 (4)	1,18 (3)	0,34 (4)
<i>F. Senna multijuga</i>	2,89 (6)	0,16 (5)	0,53 (4)	1,85 (4)	0,40 (5)
<i>F. Cecropia pachystachya</i>	10,21 (22)	0,75 (23)	4,24 (33)	12,44 (30)	2,75 (33)
<i>F. Tibouchina pulchra</i>	8,43 (18)	0,55 (17)	1,70 (13)	10,45 (25)	1,02 (12)
<i>F. Citharexylum myrianthum</i>	2,69 (6)	0,21 (6)	0,66 (5)	3,26 (8)	0,82 (10)
Folhas das 7 espécies	31,45 (67)	2,07 (63)	8,99 (69)	32,27 (77)	5,92 (71)
Folhas (total)	36,46 (78)	2,43 (74)	10,05 (77)	35,94 (85)	6,81 (82)
TOTAL 1*	47,01	3,29	13,00	42,17	8,34
TOTAL 2**	40,78	3,09	12,84	44,57	9,10

* valores referentes à soma das frações (utilizando os teores de cada fração)

** valores utilizando os teores da serapilheira total de cada fisionomia

TABELA 17 - QUANTIDADES DE MICRONUTRIENTES E ALUMÍNIO DEPOSITADOS PELA SERAPILHEIRA PARA CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA, NA RNSM, DURANTE O SEGUNDO ANO ESTUDADO, EXPRESSOS EM (kg/ha). VALORES EM PARÊNTESES REPRESENTAM OS PERCENTUAIS DO FLUXO TOTAL 1*

FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA					
Fração	Fe (kg/ha)	Mn (kg/ha)	Cu (kg/ha)	Zn (kg/ha)	Al (kg/ha)
Ramos	0,090 (12)	0,311 (17)	0,023 (24)	0,047 (26)	0,832 (8)
Órgãos de Reprodução	0,031 (4)	0,051 (3)	0,005 (5)	0,007 (4)	0,312 (3)
Miscelânea	0,070 (9)	0,097 (5)	0,006 (6)	0,012 (7)	1,028 (10)
Folhas de outras spp.	0,183 (24)	0,636 (35)	0,022 (23)	0,046 (25)	1,968 (18)
<i>F. Myrsine coriacea</i>	0,094 (12)	0,088 (5)	0,008 (9)	0,013 (7)	0,260 (2)
<i>F. Alchornea glandulosa</i>	0,042 (5)	0,152 (8)	0,004 (4)	0,009 (5)	0,151 (1)
<i>F. Psidium guajava</i>	0,040 (5)	0,117 (7)	0,006 (6)	0,010 (5)	0,133 (1)
<i>F. Senna multijuga</i>	0,045 (6)	0,101 (6)	0,003 (4)	0,007 (4)	0,131 (1)
<i>F. Cecropia pachystachya</i>	0,046 (6)	0,109 (6)	0,003 (3)	0,007 (4)	0,114 (1)
<i>F. Tibouchina pulchra</i>	0,051 (7)	0,031 (2)	0,004 (4)	0,005 (3)	5,636 (52)
<i>F. Citharexylum myrianthum</i>	0,080 (10)	0,102 (6)	0,012 (12)	0,018 (10)	0,219 (2)
Folhas das 7 espécies	0,398 (52)	0,700 (39)	0,040 (42)	0,069 (38)	6,644 (62)
Folhas (total)	0,581 (75)	1,336 (74)	0,062 (65)	0,115 (63)	8,612 (80)
TOTAL 1*	0,772	1,795	0,096	0,181	10,784
TOTAL 2**	0,852	1,808	0,077	0,165	10,027
FISIONOMIA DE CAPOEIRA MENOS DESENVOLVIDA					
Fração	Fe (kg/ha)	Mn (kg/ha)	Cu (kg/ha)	Zn (kg/ha)	Al (kg/ha)
Ramos	0,025 (6)	0,088 (12)	0,006 (15)	0,012 (16)	0,245 (2)
Órgãos de Reprodução	0,024 (6)	0,041 (5)	0,004 (10)	0,006 (8)	0,218 (2)
Miscelânea	0,023 (6)	0,032 (4)	0,002 (4)	0,004 (5)	0,312 (3)
Folhas de outras spp.	0,037 (9)	0,130 (17)	0,005 (11)	0,009 (12)	0,396 (4)
<i>F. Myrsine coriacea</i>	0,045 (11)	0,042 (6)	0,004 (10)	0,006 (9)	0,126 (1)
<i>F. Alchornea glandulosa</i>	0,002 (1)	0,008 (1)	0,000 (0)	0,000 (1)	0,007 (0)
<i>F. Psidium guajava</i>	0,012 (3)	0,035 (5)	0,002 (4)	0,003 (4)	0,039 (0)
<i>F. Senna multijuga</i>	0,021 (5)	0,049 (6)	0,002 (4)	0,004 (5)	0,061 (1)
<i>F. Cecropia pachystachya</i>	0,103 (26)	0,246 (33)	0,007 (17)	0,016 (22)	0,258 (2)
<i>F. Tibouchina pulchra</i>	0,078 (20)	0,048 (6)	0,006 (14)	0,008 (10)	8,631 (83)
<i>F. Citharexylum myrianthum</i>	0,027 (7)	0,036 (5)	0,004 (10)	0,006 (8)	0,076 (1)
Folhas das 7 espécies	0,288 (73)	0,465 (62)	0,024 (59)	0,043 (58)	9,200 (89)
Folhas (total)	0,325 (82)	0,595 (79)	0,028 (70)	0,052 (71)	9,596 (93)
TOTAL 1*	0,397	0,756	0,040	0,074	10,372
TOTAL 2**	0,426	0,923	0,035	0,061	10,196

* valores referentes à soma das frações (utilizando os teores de cada fração)

** valores utilizando os teores da serapilheira total de cada fisionomia

A soma das quantidades anuais dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg, em kg/ha/ano, depositados pela serapilheira para a comparação de ecossistemas tem sido muito utilizada na literatura. As concentrações de S (enxofre), que também é um macronutriente, estão presentes em poucos trabalhos. Como consta na Tabela 20, a soma das quantidades dos macronutrientes analisados alcançou 237 kg/ha/ano para a fisionomia mais desenvolvida e 97 kg/ha/ano para a menos desenvolvida. A fisionomia mais desenvolvida está no grupo das florestas atlântica, amazônica e mista, entre 150 e 280 kg/ha/ano. O valor para a fisionomia menos desenvolvida está entre os encontrados para florestas em solos de terras baixas, restingas e cerrados, entre 75 e 180. Para florestas estacionais este valor é bem maior, varia de 215 até 645 kg/ha/ano (Tabela 20).

Na Tabela 21 constam as quantidades anuais dos micronutrientes e de alumínio depositados em diferentes florestas tropicais e subtropicais. LEITÃO-FILHO *et al.* (1993), encontraram os maiores valores para o Fe e Al em floresta atlântica submontana em São Paulo, sendo respectivamente 21,4 e 33 kg/ha/ano.

4.1.7 Eficiência na Utilização dos Nutrientes (N, P e Ca)

A eficiência na utilização do nutriente, calculada através da razão entre a produção anual de serapilheira total e a quantidade do nutriente (N, P ou Ca) contido neste material, foi um pouco maior na fisionomia menos desenvolvida ($p < 0,05$) (Tabela 19). A menor quantidade de serapilheira em decomposição nessa fisionomia, provavelmente indica uma menor disponibilidade de nutrientes às plantas. Esta dificuldade estimula mecanismos de “conservação” dos nutrientes em seus tecidos. À medida que esta fisionomia se desenvolve, espera-se um pequeno decréscimo na eficiência na utilização dos nutrientes, tendo em vista que ocorre uma maior disponibilidade de nutrientes para as plantas. Segundo VITOUSEK (1982), uma menor disponibilidade de N no solo poderia causar um aumento na eficiência no uso do nutriente e da produção de serapilheira, ainda que pobre em N. Esse

autor comenta que os trabalhos de MILLER et al.¹⁸ e de STACHURSKI e ZIMKA¹⁹, sugerem que esta mudança poderia ocorrer por plasticidade fenotípica (mudanças fenotípicas dentro de um genótipo), pelo genótipo ou por uma substituição de espécies ou ambos. Isto poderia resultar em um aumento na resiliência do ambiente frente às perturbações em sua ciclagem do N.

Índices de eficiência para o N

As razões massa seca das frações de serapilheira/quantidade de N, na capoeira estudada (Tabelas 18 e 19), estão na faixa intermediária dentre as encontradas na literatura, entre 50 e 90 (Tabela 20). Este intervalo foi registrado em trechos de Floresta Ombrófila Densa atlântica de encosta (patamares submontanos até altomontanos) e de terra firme amazônica. Para Florestas Estacionais Deciduais e Semideciduais, que geralmente apresentam maior fertilidade dos solos, Floresta Ombrófila Mista Aluvial e Floresta Ombrófila Densa sujeita à poluentes atmosféricos, este índice está entre 30 e 50. Já para ambientes arenosos, com solos considerados oligotróficos, como restingas, cerrado e caatingas amazônicas, esta relação disponível na literatura está entre 140 e 200.

Índices de eficiência para o P

Os índices para o P encontrados neste estudo estão numa faixa intermediária registrada em trabalhos nas florestas atlântica e mista, entre 900 e 1800 (Tabela 20). Os valores encontrados em florestas estacionais estão geralmente abaixo de 1000. Para ambientes de restinga e florestas de terra firme amazônica foram registradas geralmente altas eficiências na utilização do P, índices entre 2000

¹⁸ MILLER, H. G.; COOPER, J. M.; MILLER, J. D. Effect of nitrogen supply on nutrients in litterfall and crown leaching in a stand of Corsican pine. **J. Appl. Ecol.**, v. 13, p. 233-248, 1976.

¹⁹ STACHURSKI, A.; ZIMKA, J. R. Methods of studying forest ecosystems: leaf area, leaf production, and withdrawal of nutrients from leaves of trees. **Ekol. Pol.** V. 23, p. 637-648, 1975.

e 5000, demonstrando que na maior parte destes ambientes este elemento é um nutriente limitante (VITOUSEK, 1984).

Índices de eficiência para o Ca

Para a capoeira estudada, este índice está dentro da faixa também intermediária, encontrada nas florestas atlântica e mista, entre 60 e 105. Para ambientes com solos eutróficos, onde predominam florestas estacionais semidecíduais, a faixa encontrada para o Ca está entre 25 e 80. Para ambientes oligotróficos, como restingas, a faixa encontrada na literatura está entre 120 e 300, indicando alta eficiência no uso deste elemento. Valores nesta faixa também foram encontrados em trabalhos em florestas estacionais decíduais, na região sudeste do Brasil.

Índices de eficiência no uso dos nutrientes para as frações de serapilheira

Os índices de eficiência no uso de N, P e Ca para cada fração analisada estão apresentados na Tabela 18. Para a serapilheira total (média das duas fisionomias), o índice para o N, P e Ca foram, respectivamente 70, 1127 e 79.

Com base nos dados desta tabela, é possível notar que entre as espécies, *Cecropia pachystachya* tem maior eficiência principalmente na utilização do N. No ambiente estudado, esta espécie é geralmente a primeira arbórea a se instalar após o abandono do uso da terra, no caso da bubalinocultura. Provavelmente esta espécie seja relativamente menos exigente ao nitrogênio disponível no solo degradado, justificando sua importância nas fases iniciais da sucessão secundária. Como já comentado, *C. pachystachya* foi responsável pela deposição de 24% do nitrogênio depositado na fisionomia menos desenvolvida (10,3 kg/ha/ano) e por somente 5% deste elemento na mais desenvolvida (kg/ha/ano). O mesmo para o P parece ocorrer para esta espécie e para *Tibouchina pulchra*. *Myrsine coriacea* e *Senna multijuga* apresentaram os maiores índices de eficiência para o Ca, ou seja, conseguem produzir biomassa com baixos níveis deste elemento. No entanto, não

foi possível testar estatisticamente para se ter maior confiança nestes resultados, pois houve considerável variabilidade utilizando os teores das estações dos dois anos como repetições.

Durante a sucessão secundária, cada grupo de espécies parece desempenhar um papel diferente, melhorando as características dos horizontes superficiais do solo, tanto em matéria orgânica quanto para a disponibilização dos nutrientes para as plantas ou a imobilização de quantidades tóxicas de elementos que possam ser prejudiciais a elas.

TABELA 18 - ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DOS ELEMENTOS PELA PLANTA ATRAVÉS DAS FRAÇÕES DE SERAPILHEIRA, MÉDIA DOS DOIS ANOS DO EXPERIMENTO, n = 8

MÉDIA DAS DUAS FISIONOMIAS DE CAPOEIRA			
Fração	N	P	Ca
Folhas de outras spp.	55,6	880,7	66,6
<i>F. Myrsine coriacea</i>	69,1	1294,0	112,9
<i>F. Alchornea glandulosa</i>	43,6	982,6	61,3
<i>F. Psidium guajava</i>	64,5	942,7	77,1
<i>F. Senna multijuga</i>	56,7	1061,8	84,6
<i>F. Cecropia pachystachya</i>	81,9	1376,0	70,1
<i>F. Tibouchina pulchra</i>	73,0	1389,3	57,9
<i>F. Citharexylum myrianthum*</i>	76,3	953,5	62,8
Folhas das 7 espécies	69,4	1178,3	72,4
folhas total	65,5	1091,0	70,9
TOTAL	69,6	1127,3	78,7

*utilizado o mesmo valor do ano II do experimento

NOTA: índices de eficiência calculados através da razão entre a produção anual de cada fração de serapilheira e a quantidade do nutriente (N, P ou Ca) contido neste material

TABELA 19 - ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DOS ELEMENTOS PELA PLANTA ATRAVÉS SERAPILHEIRA TOTAL EM CADA FISIONOMIA, MÉDIA DOS DOIS ANOS DO EXPERIMENTO, n = 8

ÍNDICE PARA SERAPILHEIRA TOTAL POR FISIONOMIA DE CAPOEIRA*			
	N	P	Ca
Fisionomia 1	69,2	1045,1	67,3
Fisionomia 2	86,4	1285,3	73,1

*todos os valores entre as fisionomias diferem estatisticamente pelo teste t de Student (p < 0,05)

NOTA: índices de eficiência calculados através da razão entre a produção anual de serapilheira total e a quantidade do nutriente (N, P ou Ca) contido nesse material

TABELA 20 - PRODUÇÃO ANUAL DE SERAPILHEIRA TOTAL, QUANTIDADE DE MACRONUTRIENTES (EM kg/ha) E ÍNDICES DE EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DOS ELEMENTOS PELA PLANTA EM DIFERENTES SÍTIOS DE FLORESTAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS **continua**

Tipo vegetacional/Sítio	Local	Solos	Serap kg/ha	kg/ha/ano						Soma			IEN			Referência
				N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	Ca	N	P	Ca	
Floresta Ombrófila Densa Atlântica																
Restinga		SP	Espodossolo	3900	28	1	7	30	11	7	76	142	3824	130	Moraes <i>et al.</i> (1999)	
Restinga	alta - entre cordões	PR	Espodossolo	7673	82	2	28	51	1		164	93	3197	151	Britez (1994)	
Restinga	baixa - sobre cordões	PR	Espodossolo	5235	39	1	17	35	13		106	133	4363	148	Britez (1994)	
Restinga	baixa - sobre cordões	PR	Espodossolo	5080	57	4	12	65	16		154	89	1230	78	Pires (2001)	
FODTB	capoeira 12 anos	PR	Espodossolo	4674	36	3	4	56	20		118	129	1669	84	Wisniewski (1997)	
FODTB	capoeirão 25 anos	PR	Espodossolo	7500	75	4	11	43	22		155	100	1744	176	Wisniewski (1997)	
FODTB	floresta secundária 50 anos	PR	Espodossolo	7799	74	5	13	65	20		178	106	1500	119	Wisniewski (1997)	
FODTB			Argissolo?	9400	177f	4f	45f	131f	24f						Gama-Rodrigues e Barros (2002)	
FODAI	10^a - suc. mais avançada	PR	Neo.Flúvico	6367	92	6	28	95	17		237	69	1045	67	ESTE ESTUDO	
FODAI	10^a-suc. menos avançada	PR	Neo. Flúvico	3011	35	2	12	41	7		97	86	1285	73	ESTE ESTUDO	
	Primária alterada	SP	Neo. Litólico	6054	105	3	15	33	15	12	171	58	1775	184	Custódio Filho <i>et al.</i> (1996)	
FODSub		SP		6300	102	4	20	60	19	15	205	62	1654	105	Moraes <i>et al.</i> (1999)	
FODSub	grande poluição	SP	Lato. e Camb.	1803	46	2	6	22	3		78	40	884	84	Domingos <i>et al.</i> (2000)	
FODSub	moderada poluição	SP	Lato. e Camb.	3810	82	3	10	39	5	7	139	46	1098	99	Domingos <i>et al.</i> (2000)	
FODSub	Secundaria perturbada	SP	Lato. e Camb.	5289	135	7	18	80	7	21	247	39	726	66	Leitão Filho <i>et al.</i> (1993)	
FODSub	capoeirão	SP	Lato. e Camb.	5682	128	3	14	56	13	13	215	44	1913	101	Leitão Filho <i>et al.</i> (1993)	
FODSub	secundária	SP	Lato. e Camb.	4460	98	2	11	30	9	10	150	46	2360	147	Leitão Filho <i>et al.</i> (1993)	
FODM	Sem poluição	SP	Latossolo	7007	159	7	12	90	11	13	278	44	1008	78	Domingos <i>et al.</i> (1997)	
FODM		RJ	Camb. e Lato.	8900			55	77	27		159			116	Oliveira e Lacerda (1993)	
FODAM	Floresta primária	PR	Neo. Litólico	4500	57	3	14	58	10		142	79	1406	78	Portes <i>et al.</i> (1998)	
Floresta Ombrófila Densa Amazônica																
FOD AmTF		AM		7400	106	2	13	18	13		152	70	3364	402	Klinge e Rodrigues (1968 a,b)	
FOD AmTF	Floresta primária	PA	Latossolo	6657	126	3	26	49	14		218	53	2219	136	Silva (1984)	
FOD AmTF	floresta secundária avançada	RR	arenosos	9280	118	7	49	64	24		261	79	1385	146	Scott <i>et al.</i> (1992)	
FOD AmTF			Latossolo	10250	121f	2f	15f	13f	5f						Cuevas e Medina (1986)*	
Caatinga			Espodossolo	5610	28f	2f	8f	31f	13f						Cuevas e Medina (1986)*	
Caatinga baixa (Bana)			Espodossolo	2430	12f	0,4f	10f	15f	5f						Cuevas e Medina (1986)*	
Floresta Ombrófila Mista																
FOMAI	Floresta secundária	PR	Neo.Flúvico	9400	199	18	42	132	21		411	47	536	71	Sousa (2003)	
FOMM		PR	Arg. e Lato.	6527	89	6	32	63	16		205	73	1145	104	Britez <i>et al.</i> (1992)	
Florestas Estacionais/Cerrado																
FEst costeira	Secundária avançada	PE	Argissolo e Lato.	8340		3	23	49	14		89		2780	170	Sampaio <i>et al.</i> (1988)	
FESDec - altitude		SP		6700	128	3	26	66	13	13	236	52	2030	102	Morellato (1992)/1987**	

continuação

Tipo vegetacional/Sítio	Local	Solos	Serap	kg/ha/ano						Soma				IEN			Referência
				N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	N	P	
FESDec	Floresta secundária	SP		9400	186	9	38	105	18		356	51	1000	90	Meguro <i>et al.</i> (1979 a,b/1980)		
FESDec	mata alta	RS	fértil basalto	9000	99	2f		181f		14f					Mello (1995)		
FESDec	Mata baixa	RS	infértil arenito	5500	76f	2f		68f		13f					Mello (1995)		
FESDec	secundária	SP	Latossolo	6740	202	11	72	240	32		557	33	591	28	Carpanezzi (1980)		
FEDec		RS	fértil	7760	207	11	38	269	30		554	38	693	29	Cunha <i>et al.</i> (1993)		
FESDec	Floresta secundária (capoeira?)	MG	fértil	4490	245	10	40	293	58		645	18	436	15	Souza e Davide (2001)		
FESDec		SP	Latossolo	8643	198	7	48	149	27	16	429	44	1271	58	Pagano (1989 a,b)		
FESDec		SP	Latossolo	8600	174	5	40	146	20	15	385	49	1755	59	Morellato (1992)/1987**		
FESDec		SP		8800	203	6	44	109	24	14	387	43	1375	81	Cesar (1993 a,b)		
FESDec		SP			184	5	39	148	20	15	395				Schlittler (1990)**		
FESDec		SP		11600	230	7	82	210	30	26	559	50	1657	55	Diniz (1987)		
FESDec	secundária avançada 350anos	PR	fértil	9014	161	9	69	217	36	16	491	56	980	42	Santos (1989)		
FESDec	secundária 50 anos	RJ	infértil	12970	219	6	67	108	38		437	59	2236	120	Toledo <i>et al.</i> (2002)		
FESDec	Capoeira 10 anos	RJ	infértil	10460	166	5	50	89	29		339	63	1937	118	Toledo <i>et al.</i> (2002)		
FESDec		MG	Latossolo	7770	118	4	35	32	24		213	66	1807	245	Dias e Oliveira-Filho (1997)		
Cerradão		BR	Latossolo	7800	64	5	12	27	11		119	122	1667	294	Peres <i>et al.</i> (1983)		
Cerrado		BR	Latossolo	2100	18	1	3	7	3		32	118	1667	313	Peres <i>et al.</i> (1983)		
Cerrado/Ciliar		SP			107	5	29	52	17		210				Delitti (1984)		
Florestas tropicais em outras partes do mundo																	
Lowland	Alluvial Forest	Sarawak		11500	111	4	26	29	20		190	104	2805	402	Proctor <i>et al.</i> (1983)		
Lowland	Dipterocap Forest	Sarawak		8800	81	1	33	13	9		137	109	7333	677	Proctor <i>et al.</i> (1983)		
Lowland	Heath Forest	Sarawak		9200	55	2	18	83	12		170	167	5750	111	Proctor <i>et al.</i> (1983)		
Lowland	Limestone Forest	Sarawak		12000	140	5	16	370	33		564	86	2667	32	Proctor <i>et al.</i> (1983)		
Lowland	secundária avançada	Índia	fértil	13000	187	7	81	185	49		509	70	1806	70	Ramachandra e Proctor (1994)		
Lowland	secundária avançada	Índia	fértil	12000	190	7	67	231	64		559	63	1791	52	Ramachandra e Proctor (1994)		
Tableland	Floresta primária	Austrália	basalt	9050	134	12	66	226	28		466	67	756	40	Brasell <i>et al.</i> (1980)		
Tableland	Floresta primária	Austrália	basalt+fertil	9867	124	10	51	159	34		378	80	963	62	Brasell <i>et al.</i> (1980)		
Lower Montane	prim	Colômbia	cinza vulcanica	7030	82	6	59					86	1158		Veneklaas (1991)		
Trop. Montane	4 sítios	Nova Guiné		7550	91	5	28	95	19		238	83	1510	79	Edwards (1977/1982)		
Trop. Montane		Etiópia	basalt	10900	126	8	63	178	29		404	87	1397	61	Lisanework e Michelsen (1994)		
Trop. Montane	400 anos	Havaí		5220	25	2	8	68	10		113	209	2900	77	Vitousek <i>et al.</i> (1995)		
Trop. Montane	2000 anos	Havaí		7010	67	5	24	90	16		202	105	1524	78	Vitousek <i>et al.</i> (1995)		
Trop. Montane	3400 anos	Havaí		5210	28	1	5	14	9		57	186	4736	383	Vitousek <i>et al.</i> (1995)		
Trop. Montane	6000 anos	Havaí		5240	36	1	12	84	10		143	146	4031	62	Vitousek <i>et al.</i> (1995)		

conclusão

Tipo vegetacional/Sítio	Local	Solos	Serap	kg/ha/ano						Soma			IEN			Referência
				N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	Ca	N	P	Ca	
Trop. Montane	secundária avançada	Índia	fértil	13900	177	7	89	228	60	561	79	2106	61	Ramachandra e Proctor (1994)		
Trop. Montane	primária pouco alterada	Venezuela		6970	69	4	33	43	14	164	101	1747	162	Fassbender e Grimm (1981)		
Upper Montane	Prim	Colômbia	cinza vulcânica	4310	34	2	14				126	2268		Veneklaas (1991)		
Moist Deciduous	secundária avançada	Índia	fértil	11600	133	8	82	247	64	534	87	1415	47	Ramachandra e Proctor (1994)		

* quantidade de nutrientes somente na fração foliar (f)

** listado por Britz (1994)

NOTA: a maior parte dos índices de eficiência foi calculada no presente trabalho

FOD AmTF – Floresta Ombrófila Densa Amazônica de Terra Firme

FOMAI – Floresta Ombrófila Mista Aluvial

FOMM – Floresta Ombrófila Mista Montana

FESDe – Floresta Estacional Semidecidual

FEDec - Floresta Estacional Decidual

TABELA 21 - PRODUÇÃO ANUAL DE SERAPILHEIRA TOTAL, QUANTIDADES ELEMENTOS MINERAIS EM DIFERENTES SÍTIOS DE FLORESTAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS

Tipo vegetacional/Sítio	Local	Serap	kg/ha/ano										Referência
			Fe	Cu	Zn	Mn	Al	Na	B	Si	Pb		
Floresta Ombrófila Densa Atlântica													
Restinga	SP	3900	0,5	0,0	0,1	1,5	1,3	5,2	0,2			Moraes <i>et al.</i> (1999)	
Restinga	PR	7673	0,8	0,1	0,1	1,1	3,9		0,2	3,1		Britez (1994)	
Restinga	PR	5235	0,4	0,0	0,1	1,1	1,6		0,2	2,2		Britez (1994)	
Restinga	PR	5080	0,9	0,0	0,2	0,8			0,3			Pires (2001)	
FODAI	PR	6367	0,9	1,8	0,1	0,2	12,2					ESTE ESTUDO	
FODAI	PR	3011	0,4	0,7	0,0	0,1	9,2					ESTE ESTUDO	
FODSub	RJ	8900	0,6	0,1	0,5	3,3		16,9			0,14	Oliveira e Lacerda (1993)	
FODSub	SP	6300	1,2	0,1	0,2	4,6	5,3	6,9	0,3			Moraes <i>et al.</i> (1999)	
FODSub	SP	1803	4,9	0,0	0,1	1,2	1,7	1,3	0,1			Domingos <i>et al.</i> (2000)	
FODSub	SP	5289	21,4	0,0	0,3	1,7	33,0	2,8	0,2			Leitão Filho <i>et al.</i> (1993)	
FODSub	SP	5682	3,7	0,1	0,3	3,5	10,1	4,8	0,2			Leitão Filho <i>et al.</i> (1993)	
FODSub	SP	4460	2,4	0,1	0,2	2,4	5,9	2,1	0,1			Leitão Filho <i>et al.</i> (1993)	
FODSub	SP	3810	7,2	0,1	0,3	1,9	3,0	1,9	0,1			Domingos <i>et al.</i> (2000)	
Floresta Ombrófila Densa Amazônica													
FOD AmTF	PA	6657	1,4	0,1	0,1	4,2		3,3				Silva (1984)	
FOD AmTF	AM	7400	1,2	0,0	0,1	0,7		5,0				Klinge e Rodrigues (1968 a,b)	
Florestas Estacionais/Cerrado													
FEst costeira	PE	8340	1,3		0,4	0,4						Sampaio <i>et al.</i> (1988)	
FESDec	SP	8643	4,9	0,1	0,3	2,8	9,2		0,3			Pagano (1989 a,b)	
FESDec	SP	8600	1,7	0,1	0,3	3,7	4,0					Morellato (1992)/1987**	
FESDec	SP	8800	2,9	0,1	0,2	8,7	9,3		0,3			Cesar (1993 a,b)	
FESDec	SP		3,7	0,1	0,3	2,1	4,5	0,7	0,0			Schlittler (1990)**	
FESDec	SP	11600	8,8	0,2	0,6	1,4						Diniz (1987)	
FESDec	PR	9014	4,9	0,2	0,4	2,5	4,8	0,5	0,4			Santos (1989)	
FESDec	RJ	12970	10,6	0,3	0,8	7,7						Toledo <i>et al.</i> (2002)	
FESDec	RJ	10460	10,0	0,3	0,7	6,7						Toledo <i>et al.</i> (2002)	
FESDec	MG	7770	18,3	0,2	0,2	5,3			0,3			Dias e Oliveira-Filho (1997)	
FESDec	RS	9000					1,42f					Mello (1995)	
FESDec	RS	5500					0,89f					Mello (1995)	
FESDec – altitude	SP	6700	1,9	0,1	0,5	3,7	10,1		0,2			Morellato (1992)/1987**	
Cerrado/Ciliar	SP		3,6	0,1	0,2	2,5	20,1		0,3			Delitti (1984)	

** listado por Britez (1994)

4.2 DECOMPOSIÇÃO FOLIAR E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES

4.2.1 Decomposição Foliar

Nos Anexos 17 e 18 estão apresentados os pesos de matéria seca das amostras coletadas no campo. No Anexo 19 constam os valores da umidade relativa de amostras de serapilheira foliar para as estimativas das massas secas das amostras submetidas à decomposição no campo. Nas Tabelas 22 e 23 estão apresentados os percentuais médios de decomposição do material foliar com diferentes períodos de permanência no piso florestal. Após um ano do experimento 1, com início no outono, aproximadamente 50% do material foi decomposto. No experimento 2, com início na primavera, após um ano, aproximadamente 62% do material foliar foi decomposto, mas não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os dois experimentos. Esses valores de decomposição estão dentro da faixa encontrada por VARJABEDIAN e PAGANO (1988) em um trecho de Floresta Ombrófila Densa Submontana e por WISNIEWSKI *et al.* (1997) e ROCHA *et al.* (2003) em trechos de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas. As estimativas do tempo necessário para a redução de 50% do peso do material em decomposição foram de 1,01 e 0,73 anos, respectivamente para os experimentos com início no outono e com início em novembro. Para a decomposição de 95% do material, as estimativas foram de 4,38 e 3,15 anos. Os valores do segundo experimento foram muito similares aos registrados por SANTOS (1989) em Floresta Estacional Semidecidual no Paraná.

Os valores de 0,68 e 0,95 para o índice K (Tabelas 22 e 23) estão próximos aos encontrados por VARJABEDIAN e PAGANO (1988), DE VUONO *et al.* (1989), WISNIEWSKI *et al.* (1997) e PORTES (2001) em floresta atlântica no sudeste e sul do Brasil, sendo valores considerados baixos para florestas tropicais. As espécies utilizadas nas bolsas do presente estudo, como *C. pachystachya*, *P. guajava* e *C. myrianthum* apresentam textura coriácea, com pecíolo grande e muitas nervuras salientes, que provavelmente diminuem a velocidade de decomposição. HEATH e

ARNOLD²⁰, citados por MEGURO *et al.* (1980), afirmaram que espécies heliófilas, com textura rígida, apresentam geralmente maior dificuldade de umedecimento quando mortas, o que desfavorece a atividade de microorganismos. EDWARDS (1977), VARJABEDIAN e PAGANO (1988), SWIFT e ANDERSON (1989) relataram que baixos valores de pH, alta acidez potencial ($H^+ + Al^+$), excesso de umidade e de matéria orgânica do solo, retardam a atividade de organismos, diminuindo a velocidade de decomposição. Conforme a Tabela 1 e os Anexos 3 a 5, os solos da capoeira estudada apresentam um pH igual a 5, considerado ácido.

Na Figura 25 estão representados graficamente os percentuais de material foliar remanescente sobre o solo para os dois experimentos. É possível notar um mesmo padrão nas duas curvas de decomposição, também encontrado por OLIVEIRA (1987) e PORTES (2001), no qual a perda de material é acentuada no primeiro trimestre e no segundo há uma diminuição na velocidade de decomposição, independente da época o ano. No primeiro trimestre ocorre a liberação de compostos mais solúveis, como açúcares, amido e proteínas, os quais são rapidamente utilizados pelos decompositores. Após esse período, grande parte das estruturas mais resistentes, ricas em lignina, celulose, gorduras, ceras, taninos, como nervuras e pecíolos, ainda permanecem, diminuindo a velocidade de decomposição (EWEL, 1976; MEGURO, 1980; WIEDER e LANG, 1982).

Diferenças estatisticamente significativas entre os experimentos só foram observadas para o material com 15 dias de decomposição, indicando a maior decomposição inicial no período mais quente e úmido ($p < 0,05$). LUIZÃO e SCHUBART (1986), entre outros autores, atribuem a maior velocidade de decomposição na estação chuvosa, às condições de umidade que favorecem a atividade de organismos decompositores, principalmente artrópodes que removem a liteira e que também estimulam o crescimento das raízes superficiais que penetram no material em decomposição.

²⁰ HEATH, G. W.; ARNOLD, M. K. Studies in leaf-litter breakdown. II – Breakdown of “sun” and “shade” leaves. *Pedobiologia*, v. 6, p. 238-243, 1966.

TABELA 22 - PERCENTUAL MÉDIO DE DECOMPOSIÇÃO DO MATERIAL FOLIAR EM CADA PERÍODO DE COLETA (EXPERIMENTO 1); NA CAPOEIRA NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR; K = RAZÃO INSTANTÂNEA DE DECOMPOSIÇÃO

Início: 22/05/2002 – OUTONO		n = 10		
Período	data da retirada	K	% decomposta	erro padrão
0	-	0	0,0	0,00
15 dias	08/06/02	0,03	3,3	3,41
1 mês	22/06/02	0,13	12,1	3,64
3 meses	22/08/02	0,33	28,2	4,95
6 meses	22/11/02	0,37	30,9	2,12
9 meses	22/02/03	0,60	44,9	2,89
12 meses	18/05/03	0,68	49,6	4,62

TABELA 23 - PERCENTUAL MÉDIO DE DECOMPOSIÇÃO DO MATERIAL FOLIAR EM CADA PERÍODO DE COLETA (EXPERIMENTO 2); NA CAPOEIRA NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR; K = RAZÃO INSTANTÂNEA DE DECOMPOSIÇÃO

Início: 24/11/2002 – PRIMAVERA		n = 10		
Período	data da retirada	K	% decomposta	erro padrão
0	-	0	0	0,00
15 dias	14/12/2002	0,14	12,94	2,08
1 mês	27/12/2002	0,18	16,73	2,30
3 meses	22/2/2003	0,29	25,18	3,29
6 meses	18/5/2003	0,38	31,34	4,20
9 meses	24/8/2003	0,76	53,11	2,84
12 meses	24/11/2003	0,95	61,47	4,30

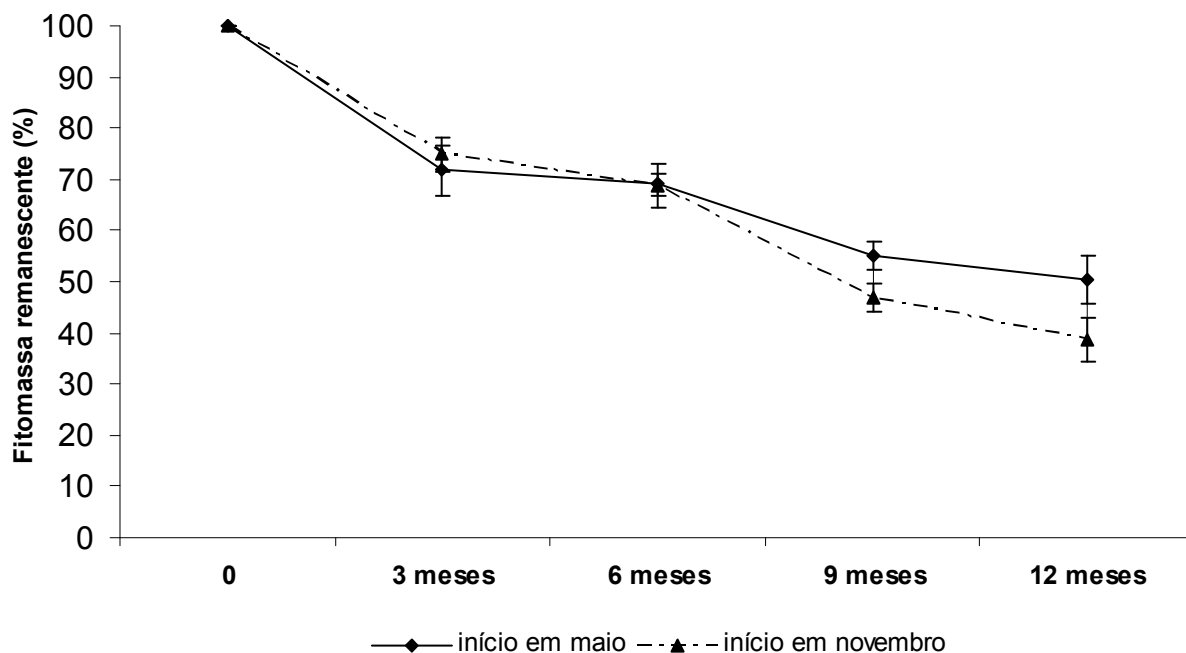


FIGURA 25 - PERCENTUAIS MÉDIOS DO PESO REMANESCENTE DA SERAPILHEIRA FOLIAR EM DECOMPOSIÇÃO PARA OS DOIS EXPERIMENTOS NA CAPOEIRA NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR; E RESPECTIVOS ERROS PADRÕES

4.2.2 Teores de Nutrientes do Material em Decomposição

No Anexo 15 constam os resultados das análises químicas efetuadas nas amostras do material vegetal em decomposição. Nas Tabelas 24 e 25 estão os resultados dos teores médios dos elementos minerais e de carbono do material vegetal com diferentes tempos de decomposição. Nas Tabelas 26 e 27 constam os percentuais remanescentes dos elementos em relação ao conteúdo inicial. Na Figura 26 estão apresentados os padrões de liberação e retenção de massa seca, carbono e de macronutrientes durante a decomposição da serapilheira. Na Figura 27 constam os padrões para os micronutrientes e alumínio.

Liberação de carbono do material foliar

Segundo a Tabela 24, os teores de C se mantiveram em torno de 440 g/kg até os seis meses de decomposição. Entre os seis e 12 meses o valor diminuiu para aproximadamente 340 g/kg. Já o conteúdo (quantidade) de C remanescente diminuiu acompanhando a perda de fitomassa, restando aproximadamente 39% (Tabela 26 e Figura 26). A liberação de C foi fortemente correlacionada com a perda de massa seca ($r_s = 1$), com a liberação de K e Mg e com a retenção de Fe e Al ($r_s = 0,857$; $p < 0,04$, $n = 7$). Na Figura 26 é possível notar que entre os nove e 12 meses a perda de C foi um pouco mais acentuada que a de massa seca.

Liberação de macronutrientes do material foliar

As concentrações de N aparentemente indicaram um aumento relacionado com o tempo de decomposição. Apenas os teores iniciais diferiram estatisticamente dos teores do material após um ano de decomposição ($p < 0,05$; $n = 3$). O aumento dos teores de N pode ser atribuído à adição via precipitações atmosféricas, fixação simbiótica e assimbiótica, pela colonização e utilização pela biota decompositora, por contaminação do material via queda de materiais de origem animal e vegetal (THOMPSON e VITOUSEK, 1997). Segundo LUIZÃO (1982), a presença de proteínas presentes nos micro-decompositores que morrem e são analisados junto com as folhas em decomposição e de outros compostos orgânicos resultantes da ação da biota, produz um aumento considerável nos teores de N e de enxofre no material. Como no trabalho de EDWARDS (1977), muitas bolsas foram recolhidas contendo micélios de fungos. De acordo com a Tabela 26 e a Figura 26, 71,5% do conteúdo inicial ainda permanecia nas bolsas, diferindo um pouco dos trabalhos realizados em florestas estacionais por MEGURO *et al.* (1980) e por SANTOS (1989), respectivamente 65 e 44%. Foi notado um decréscimo na relação C/N e nos

teores de K ao longo do tempo de decomposição. MYERS *et al.*²¹, citado por ARUNACHALAM *et al.* (1998) relataram que substratos com a relação C/N < 25 têm uma maior taxa de liberação de N. Isto só ocorreu entre o primeiro e o terceiro mês de decomposição em diante (Tabela 24). A partir disto o N começou a ser liberado, conforme consta na Figura 26. THOMPSON e VITOUSEK (1991), em experimento no Havaí, detectaram um aumento nos teores de N até 70 dias, sendo que a partir disso os teores foram diminuindo. Neste mesmo trabalho os autores observaram que a maior imobilização deste elemento e também do P estavam relacionadas com a menor disponibilidade destes elementos no solo. O comportamento do N durante a decomposição foi fortemente correlacionado com o do Mg ($r_s = 0,893$; $p < 0,03$).

Com base nos teores de P apresentados na Tabela 24, é possível notar um aumento nos três primeiros meses, chegando a duplicar seu teor após um ano de exposição, fazendo com que a taxa de perda de fitomassa fosse amortizada pela taxa de ganho de teor deste elemento, resultando numa perda de conteúdo insignificante após um ano de decomposição (Figura 26). Como para o N, neste aumento está envolvida a atividade de microorganismos. Somente após três meses de decomposição a relação N/P ficou abaixo de 10, sugerida como razão a partir da qual a decomposição microbiana é favorecida (VOGT *et al.*, 1986).

O teor de K sofreu uma diminuição de 71% nos três primeiros meses, de 5,17 para 1,49 g/kg da massa seca, terminando o período dos 12 meses com um teor de 2,06 g/kg (Tabela 24). Após três meses, 85% do K havia sido liberado do confinamento das bolsas (Tabela 26). MEGURO *et al.* (1980) encontraram valores de perda desse elemento entre 30 e 90% e LISANERWORK e MICHELSEN (1994) entre 32 e 49% em três meses. Por esse elemento não estar fortemente associado à estrutura das folhas, ele é facilmente lixiviável. O pequeno aumento no conteúdo após um ano, também encontrado por MEGURO *et al.* (1980) e LUIZÃO (1982), também se deve à atividade de microorganismos no folheto, ou adsorção deste elemento depositado pela atmosfera, ou apenas ao erro experimental.

²¹ MYERS, R. J. K.; PALM, C. A.; CUEVAS, E.; GUANATILLEKE, I. U. N.; BROSSARD, M. The synchronisation of nutrient mineralization and plant nutrient demand. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Eds.). **The Biological Management of Tropical Soil Fertility**, TSBF – John Wiley and Sons, p. 81-116, 1994.

TABELA 26 - PERCENTUAL MÉDIO REMANESCENTE DE CARBONO E DE MACRONUTRIENTES EM RELAÇÃO AO CONTEÚDO INICIAL (EXP. 1)

Início: 22/05/2002						
em %						
Período	C	N	P	K	Ca	Mg
0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
15 dias	96,0	128,2	124,1	74,4	102,6	100,2
1 mês	88,9	114,4	122,4	44,3	105,1	103,5
3 meses	73,3	101,7	131,0	20,7	99,9	83,1
6 meses	70,7	78,3	129,3	15,5	105,7	74,6
9 meses	46,7	82,5	102,2	15,7	97,7	58,5
12 meses	38,8	71,5	98,7	20,1	69,2	52,7

TABELA 27 - PERCENTUAL MÉDIO REMANESCENTE DE MICRONUTRIENTES E DE ALUMÍNIO EM RELAÇÃO AO CONTEÚDO INICIAL (EXP. 1)

Início: 22/05/2002					
em %					
Período	Fe	Mn	Cu	Zn	Al
0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
15 dias	118,8	103,0	97,0	96,8	296,7
1 mês	112,0	107,5	144,3	107,8	115,2
3 meses	109,3	90,2	129,7	102,4	91,6
6 meses	213,4	97,8	98,3	114,7	199,5
9 meses	936,2	108,7	131,1	109,4	273,8
12 meses	1045,4	104,7	97,5	95,1	415,6

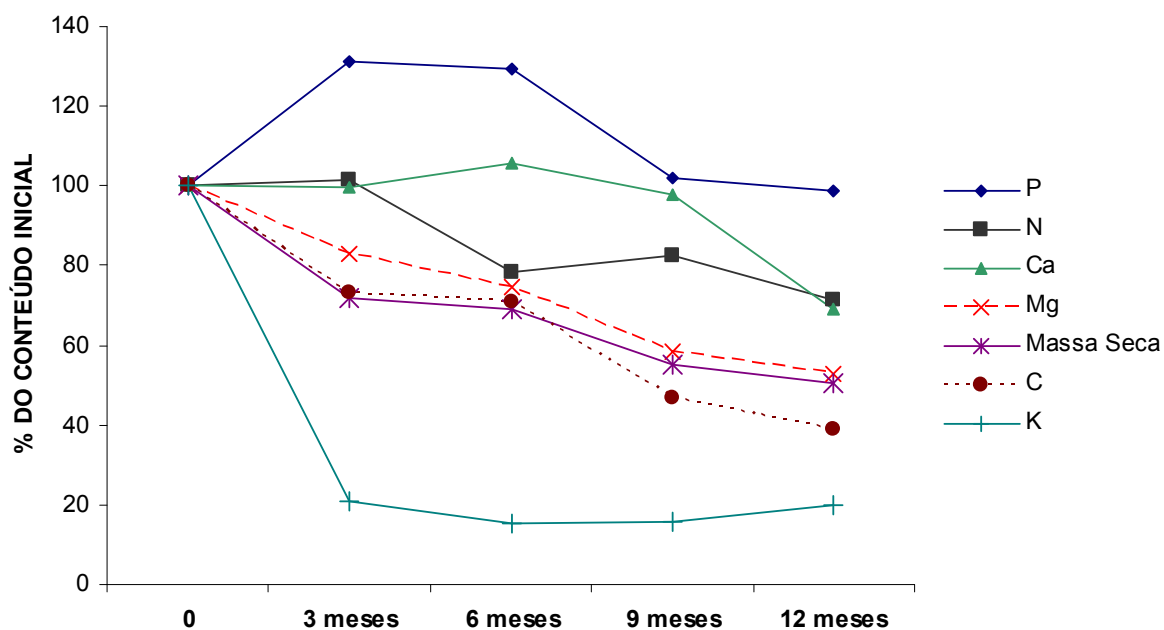


FIGURA 26 - PERCENTUAIS MÉDIOS DE MASSA SECA, CARBONO E DE MACRONUTRIENTES EM RELAÇÃO AO CONTEÚDO INICIAL DO MATERIAL FOLIAR SUBMETIDO A DIFERENTES TEMPOS DE DECOMPOSIÇÃO NA CAPOEIRA NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR (EXPERIMENTO 1)

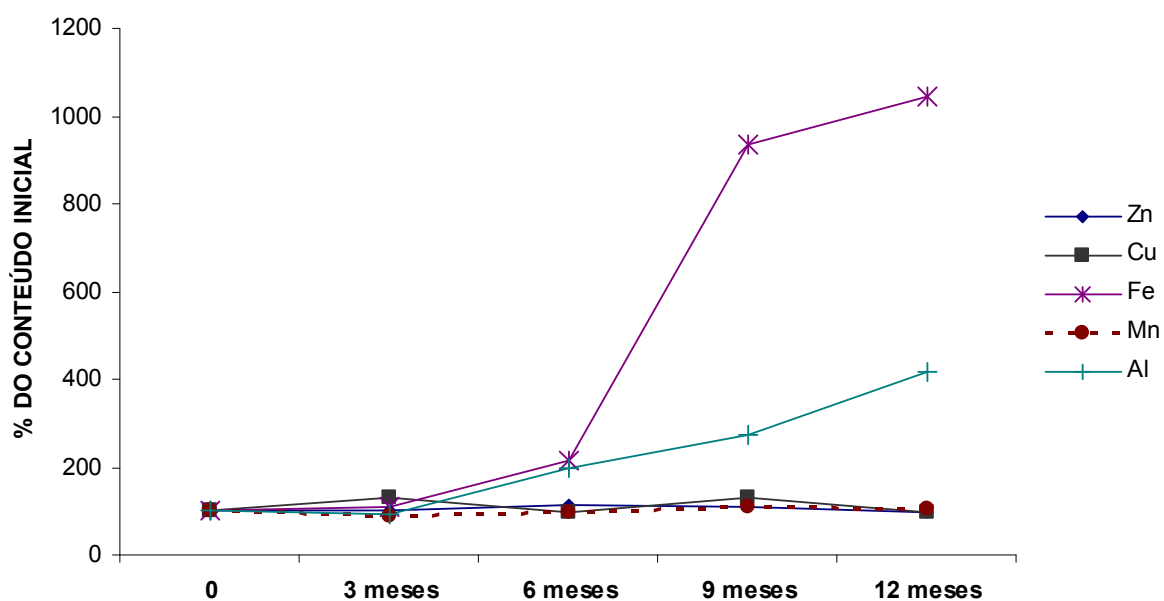


FIGURA 27 - PERCENTUAIS MÉDIOS DE MICRONUTRIENTES E DE ALUMÍNIO EM RELAÇÃO AO CONTEÚDO INICIAL DO MATERIAL FOLIAR SUBMETIDO A DIFERENTES TEMPOS DE DECOMPOSIÇÃO NA CAPOEIRA NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR (EXPERIMENTO 1)

Para o Ca, houve também um aumento nos teores, demonstrando um padrão de retenção nos três primeiros meses. Como para o P, a imobilização do Ca se estendeu até o sexto mês, quando seus conteúdos apresentaram uma sensível queda para 69% do conteúdo inicial. Segundo SANTOS (1989), o aumento nos teores Ca se deve a presença desse elemento nas partes estruturais das folhas que são de lenta decomposição. Segundo CROMACK *et al.*²² citados por DE VUONO *et al.* (1989), o aumento relativo de Ca no material remanescente pode também ser atribuído à absorção acentuada do elemento por hifas de fungos.

Após um ano de decomposição, aproximadamente 47% do Mg foi liberado, apresentando uma taxa similar a da perda de carbono e da massa seca (Tabela 27, Figura 26). Como já mencionado, este elemento também foi correlacionado positivamente com o comportamento do conteúdo de N durante a decomposição.

Liberação de alumínio e micronutrientes do material foliar

Nos resultados das análises de Cu, Mn, Fe, Zn e Al houve um aumento dos teores ao longo da decomposição, fato também encontrado por SAMPAIO *et al.* (1988) e DE VUONO *et al.* (1989), entre outros autores (Tabela 25). As concentrações de Cu, Mn e Zn duplicaram enquanto que as de Fe e o Al aumentaram respectivamente 20 e 8 vezes após um ano. Já os conteúdos aumentaram 10 e 4 vezes respectivamente (Tabela 27 e Figura 27). Foi observada uma forte correlação entre os conteúdos destes dois elementos durante a decomposição ($r_s = 0,857$; $p < 0,04$). SCHUBART *et al.* (1984) e SANTOS (1989) justificaram este aumento pela contaminação do material confinado por partículas do solo, transportadas pela fauna e pelo desenvolvimento de raízes. Tal transporte pode também ocorrer pelo impacto das gotas da chuva. As raízes das plantas podem, por exemplo, estar acumulando Al para evitar a toxidez em suas partes

²² CROMACK, K.; DOLLINS, P.; TODD, R. L.; FOGEL, R.; TODD, A. W.; FENDER, W. M.; CROSSLEY, D. A. The role of oxalix acid and bicarbonate in calcium cycling by fungi and bacteria: some possible implications for soil animals. In: **Soil Organisms as Components of Ecosystem**, Lohm, V.; Persson, T. (Eds.) Estocolmo, Swedish Natural Sciences Research Council, p. 246-252, 1978.

superiores, e então contaminar o material em decomposição (EPSTEIN²³ citado por LUIZÃO e SCHUBART, 1986). Os demais elementos apresentaram aumento nos seus teores, provavelmente devido a mais rápida degradação do C e também pela mistura com partículas de solo.

Fatores ambientais, da biota decompositora, da composição do próprio material a ser decomposto e também as limitações dos métodos utilizados, tornam difíceis as interpretações dos processos de decomposição em ambientes naturais.

Considerando que a capoeira estudada situa-se em ambiente parcialmente sujeito a algumas pequenas inundações (com duração de algumas horas), pode haver interferências nos processos de decomposição e liberação de elementos, embora não tenha sido registrado nenhum evento durante os experimentos. SOUSA (2003), em estudo em Floresta Ombrófila Mista Aluvial, relatou que houve uma inundação no início da primavera, contaminando a serapilheira com sedimentos minerais o que pode ter causado um aumento no teor de nutrientes detectado nos 30 primeiros dias do experimento. No entanto, o autor afirmou que o evento teve pouca influência no comportamento padrão de decomposição.

4.3 PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA E LIXIVIAÇÃO DAS COPAS

4.3.1 Precipitação Pluviométrica

Na Tabela 28 estão apresentadas as médias volumétricas de precipitação externa e das duas situações de precipitação interna na RNSM. A precipitação externa no primeiro ano do experimento (período entre 24/09/2001 e 22/09/02) foi de 2681 mm e no segundo ano (22/09/02 a 21/09/03) foi de 2671 mm.

Para a capoeira foi registrada maior interceptação da água da chuva do que para a floresta secundária, atingindo em média 15%, embora as diferenças não tenham sido estatisticamente significativas. Os valores de interceptação pelas copas das árvores estão um pouco abaixo dos encontrados na literatura, geralmente entre

²³ EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas**: princípios e perspectivas. São Paulo: EDUSP, 1975.

18 e 35,6%. O valor mais próximo ao do presente trabalho (16,6%) foi encontrado por LEOPOLDO e CONTE (1985), em um trecho de Cerradão, em São Paulo. ARCOVA *et al.* (2003), em trabalho em floresta atlântica submontana secundária, em São Paulo, encontraram valores em torno de 18,6% de interceptação, sendo 26% no período menos chuvoso e 16% no período mais chuvoso. BRITZ (1994) detectou um valor médio de 22% de interceptação para restinga baixa e de 30% para a restinga alta, em Paranaguá, Paraná. DOMINGOS *et al.* (1995), em estudo de florestas em declínio causado pela poluição atmosférica em Cubatão, São Paulo, encontraram valores de interceptação de 2,7% e 35,6%, respectivamente para floresta mais afetada e menos afetada pela poluição. SCHUBART *et al.* (1984) registraram 25,6% de interceptação para floresta amazônica de terra firme. MEGURO *et al.* (1979b) e SANTOS (1989), em trabalhos em Floresta Estacional Semidecidual secundária registraram respectivamente valores médios, de 30% e 28% de interceptação pelas copas das árvores. Os baixos valores de interceptação encontrados no presente estudo, para a capoeira, podem ser justificados pela pequena área basal, por não apresentar um dossel totalmente contínuo e por não haver a presença de dois ou mais estratos arbóreos. Por essa mesma razão, a menor interceptação (12,4%) da floresta secundária avançada é difícil de explicar. Provavelmente está relacionado com o micro-clima mais úmido no interior da floresta em função dos vários estratos que a compõem, ocorrendo menor perda da água retida por evaporação, mantendo umidade para um gotejamento posterior, resultando em um maior volume de água alcançando o solo. A floresta secundária também pode ter sido sujeita a um volume de precipitação externa diferente devido à distância dos pluviômetros deste tipo de precipitação (aprox. 600 m) e ainda ter sofrido influência da exposição sul e da declividade da encosta, que pode favorecer a retenção de neblina, aumentando o volume precipitado. A capoeira, por receber relativamente mais insolação direta, e por apresentar um dossel pouco denso, fica mais sujeita à evaporação.

O período mais chuvoso ocorreu entre os meses de dezembro e abril, culminando em março. O período com menor precipitação foi entre junho e outubro (Figura 28).

Os seis coletores de precipitação direta foram considerados suficientes para a amostragem, pois os coeficientes de variação foram em média menores do que 3% e os erros padrões menores que 1%. Pequenos erros podem também estar relacionados à proximidade dos coletores, que foram instalados em uma mesma clareira. ALLEN *et al.* (1968) estimaram erros entre 0,4 e 1,9%, utilizando 5 coletores de 25 cm de diâmetro. Os 15 coletores para cada situação de precipitação interna também podem ser considerados satisfatórios, apresentando coeficientes de variação em média menores do que 30% e erros padrões menores que 10%. SCHRUMPF *et al.* (2006) detectaram erros entre 10 e 20% utilizando-se entre 8 e 10 coletores ($\varnothing = 11,5$ cm) para cada sítio estudado.

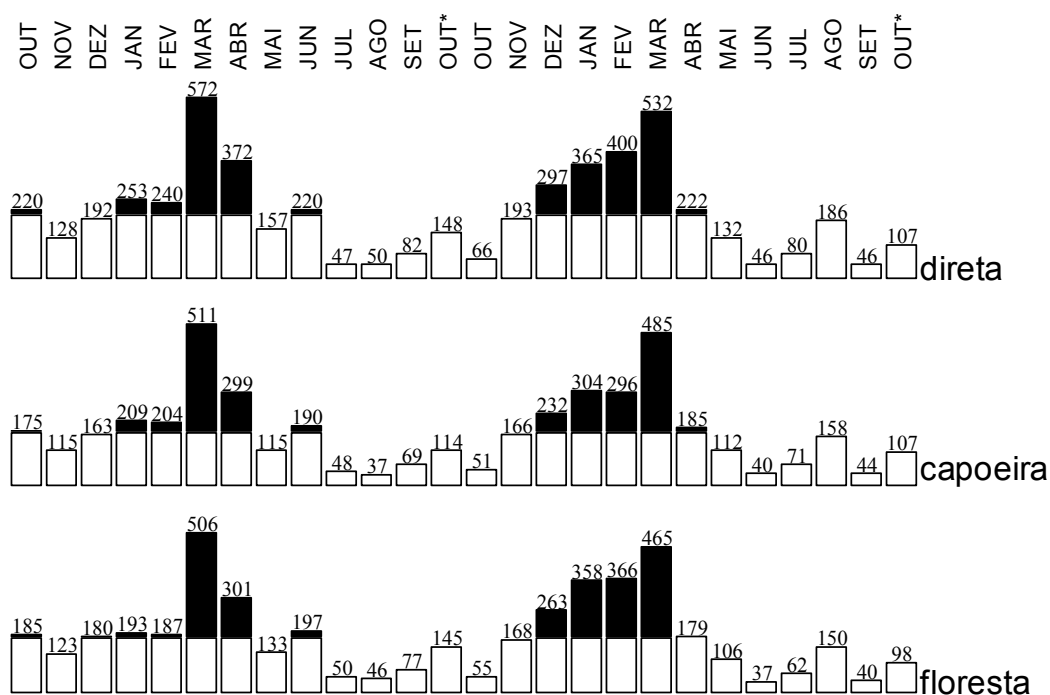


FIGURA 28 - PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA EXTERNA E PRECIPITAÇÕES INTERNAS (DOSSEL DA CAPOEIRA E FLORESTA SECUNDÁRIA) (EM mm) DURANTE O PERÍODO DE ESTUDO NA RNSM, NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA, PR. AS ÁREAS ESCURAS DAS BARRAS REPRESENTAM VALORES ACIMA DA MÉDIA

TABELA 28 - MÉDIAS VOLUMÉTRICAS DE PRECIPITAÇÃO TOTAL MENSAL (EXTERNA) E DE PRECIPITAÇÃO INTERNA NA CAPOEIRA E NA FLORESTA SECUNDÁRIA AVANÇADA NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR (em mm); CV% = COEFICIENTE DE VARIAÇÃO; PRECIPITAÇÃO DIRETA: n = 6; PRECIPITAÇÃO INTERNA: n = 15

Datas (início 24/09/01)	Precip. Direta		Capoeira			Floresta		
	méd.	CV%	méd.	CV%	Intercep. %	méd.	CV%	Intercep. %
OUT	219,9	4,1	175,4	31,5	20,2	184,6	34,2	16,1
NOV	128,4	3,2	115,2	33,6	10,2	123,4	58,0	3,9
DEZ	191,8	1,4	163,0	27,4	15,0	180,3	51,1	6,0
JAN	252,5	1,9	208,7	39,8	17,3	192,5	39,4	23,8
FEV	240,0	2,1	204,5	31,7	14,8	186,7	29,9	22,2
MAR	572,1	2,2	511,2	39,4	10,6	506,1	18,0	11,5
ABR	372,2	1,7	298,6	41,3	19,8	300,9	28,9	19,1
MAI	156,9	1,6	115,2	42,0	26,6	132,9	49,3	15,3
JUN	220,1	2,3	190,0	35,1	13,7	196,6	36,5	10,7
JUL	47,2	1,8	48,2	143,3*	-2,1	50,0	68,4	-6,0
AGO	49,9	1,8	37,5	59,8	24,9	46,1	60,2	7,5
SET	81,6	2,8	69,4	68,9	14,9	77,1	49,9	5,5
OUT	148,2	2,9	113,5	33,7	23,4	145,1	50,2	2,0
ANO I	2680,8	1,7	2250,4	30,4	16,1	2322,4	27,7	10,6
OUT*	65,7	4,0	51,3	39,9	21,9	54,5	46,4	17,0
NOV	192,8	3,3	165,9	50,8	14,0	168,4	40,6	12,6
DEZ	296,6	2,9	232,2	44,3	21,7	263,2	24,7	11,3
JAN	365,2	4,9	304,1	39,3	16,7	358,1	31,4	1,9
FEV	400,1	1,4	295,9	38,3	26,0	365,7	34,1	8,6
MAR	532,2	6,9	485,0	20,5	8,9	465,1	29,4	12,6
ABR	221,8	4,6	184,8	31,0	16,7	179,2	33,1	19,2
MAI	131,5	2,3	112,2	35,9	14,7	105,7	36,1	19,6
JUN	45,7	3,9	39,7	39,3	13,2	37,2	39,2	18,7
JUL	80,3	3,3	71,2	40,7	11,3	61,7	35,2	23,1
AGO	186,5	6,1	158,0	25,2	15,3	149,8	40,9	19,6
SET	46,0	5,0	44,4	28,1	3,5	40,5	49,4	12,0
OUT	106,6	3,3	106,9	33,1	-0,3	98,3	51,1	7,8
ANO II	2671,0	2,9	2251,4	22,9	14,1	2347,5	29,3	14,2

*Excluindo um coletor discrepante em julho do primeiro ano; Média = 30,7; CV% = 42,5 e Interceptação = 35%

4.3.2 Teores de Elementos Minerais na Precipitação Pluviométrica

No Anexo 16 estão os resultados das análises químicas efetuadas nas amostras de água da chuva.

Na Tabela 29 estão os teores dos elementos depositados pela precipitação externa. Pode-se observar a grande variação encontrada nos valores médios dos teores dos elementos analisados na precipitação direta. Os valores médios observados foram, em $\mu\text{g/mL}$: 3,42 para o Na; 0,31 para o K; 0,24 para o Mg e 0,05 para o Ca. As variações dos valores mensais foram (1,4 a 6,7) para o Na; (0,1 a 0,68) para o K, (0,01 a 0,68) para o Mg e (0,01 a 0,15) para o Ca. Segundo SILVA FILHO *et al.* (1986) e ARCOVA *et al.* (1993), as grandes variações nos teores da água da chuva ao longo dos meses, também encontradas no presente trabalho, devem-se à quantidade, intensidade e distribuição das precipitações; às alterações na trajetória de massas de ar e à contribuição de diferentes fontes injetoras de íons na atmosfera. BROWN *et al.* (1985), estudando as entradas atmosféricas em floresta atlântica no Rio de Janeiro, através de análises de erros de duplicatas, verificaram que a amplitude dos dados encontrada foi produto da variabilidade na amostragem e não das técnicas analíticas. No presente trabalho, tal variação foi constatada nos teores de Mg que foram significativamente superiores no segundo ano amostrado, enquanto que os teores de Na foram inferiores ($p < 0,003$; $n = 26$, correspondente aos meses amostrados).

Os teores de K e Mg foram maiores nos períodos menos chuvosos ($r_s = -0,56$; $p < 0,005$; $n = 26$). Segundo ALLEN *et al.* (1968), MEGURO *et al.* (1979) e ARCOVA *et al.* (1993), no período com menores precipitações há um acúmulo de partículas em suspensão na atmosfera, justificando o aumento observado.

Comparando com os valores encontrados por BRITZ (1994), em restinga próxima à área de estudo, a média encontrada para o K é similar (0,30 $\mu\text{g/mL}$) e inferior para Mg e Ca, respectivamente 0,50 e 0,31. ARCOVA e CICCIO (1987), em floresta atlântica em São Paulo, encontraram valores similares para o K (0,35 $\mu\text{g/mL}$).

A seqüência decrescente dos elementos depositados pelos tipos de precipitação foi: Na > K > Ca > Mg; exceto na precipitação externa em que os teores de Mg foram maiores que os de Ca.

Foram encontradas fortes correlações negativas entre os teores de K, Ca e Mg com o volume da precipitação interna na capoeira, sendo $r_s = -0,824$ para o K; $r_s = -0,782$ para o Ca e $r_s = -0,670$ para o Mg; ($p < 0,001$, $n = 26$). Para a precipitação na floresta secundária os coeficientes foram um pouco mais fracos, sendo: $r_s = -0,782$ para o K, $r_s = -0,512$ para o Mg; $r_s = -0,413$ para o Ca e também $r_s = -0,410$ para o Na; ($p < 0,05$, $n = 26$).

Os valores médios e a amplitude dos teores estimados, em $\mu\text{g/mL}$, para a precipitação interna na capoeira foram respectivamente: 4,80 (2,29 a 9,58) para o Na; 3,22 (0,75 a 7,99) e para K; 0,31 (0,09 a 0,98) e para o Ca e 0,18 (0,02 a 0,45) e para o Mg (Tabela 30). Para a precipitação interna na floresta secundária, os valores dos teores, em $\mu\text{g/mL}$, foram respectivamente: 4,52 (1,74 a 8,66) para o Na; 1,66 (0,28 a 4,02) para K; 0,21 (0,02 a 0,56) para o Ca e 0,12 (0,02 a 0,27) e para o Mg (Tabela 31). Somente os teores de K foram estatisticamente maiores na capoeira do que na floresta secundária avançada ($p < 0,0002$; $n = 26$).

TABELA 29 - TEORES MENSIS DOS ELEMENTOS MINERAIS ESTIMADOS NA ÁGUA DE PRECIPITAÇÃO EXTERNA, NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR; EM $\mu\text{g/mL}$; EP = ERRO PADRÃO, EM % (RNSM)(INÍCIO: 24/09/01)

Mês	Data	Precip.(mm)	EP %	K	Ca	Mg	Na
OUT	19/10/01	219,89	1,65	0,440	0,079	0,011	4,990
NOV	16/11/01	128,36	1,33	0,380	0,090	0,023	5,540
DEZ	15/12/01	191,83	0,58	0,440	0,146	0,023	5,660
JAN	12/01/02	252,54	0,77	0,400	0,113	0,011	6,700
FEV	09/02/02	240,05	0,86	0,210	0,073	0,084	3,360
MAR	09/03/02	572,15	0,90	0,100	0,011	0,100	2,500
ABR	06/04/02	372,19	0,69	0,150	0,011	0,150	3,220
MAI	03/05/02	156,92	0,65	0,210	0,011	0,210	4,480
JUN	02/06/02	220,08	0,93	0,150	0,011	0,150	3,490
JUL	28/06/02	47,19	0,75	0,360	0,023	0,360	6,090
AGO	28/07/02	49,91	0,72	0,260	0,023	0,260	3,900
SET	25/08/02	81,56	1,16	0,160	0,022	0,160	2,160
OUT*	22/09/02	148,16	1,17	0,260	0,022	0,260	3,120
Total/médias 1º ano		2680,84	0,71	0,271	0,049	0,139	4,247
OUT	19/10/02	65,73	1,62	0,470	0,033	0,470	3,600
NOV	16/11/02	192,79	1,36	0,130	0,022	0,130	3,460
DEZ	14/12/02	296,63	1,17	0,170	0,068	0,170	1,900
JAN	11/01/03	365,20	2,00	0,150	0,023	0,150	1,440
FEV	08/02/03	400,10	0,57	0,240	0,034	0,240	1,620
MAR	08/03/03	532,18	2,83	0,270	0,045	0,270	2,300
ABR	04/04/03	221,78	1,87	0,200	0,079	0,200	2,710
MAI	03/05/03	131,54	0,95	0,680	0,034	0,680	2,350
JUN	31/05/03	45,70	1,60	0,650	0,090	0,650	2,630
JUL	27/06/03	80,27	1,35	0,250	0,034	0,250	2,340
AGO	27/07/03	186,47	2,50	0,280	0,023	0,280	2,630
SET	25/08/03	45,97	2,04	0,560	0,056	0,560	3,860
OUT*	21/09/03	106,61	1,34	0,380	0,045	0,380	2,920
Total/médias 2º ano		2670,97	1,17	0,341	0,045	0,341	2,597
MÉDIA ANUAL		2675,90	0,94	0,306	0,047	0,240	3,422

TABELA 30 - TEORES MENSIS DOS ELEMENTOS MINERAIS ESTIMADOS NA ÁGUA DE PRECIPITAÇÃO INTERNA NA CAPOEIRA, NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR; EM µg/mL; EP = ERRO PADRÃO, EM % (RNSM)(INÍCIO: 24/09/01)

Mês	Data	Precip.(mm)	EP %	K	Ca	Mg	Na
OUT	19/10/01	175,37	8,14	2,200	0,135	0,023	6,590
NOV	16/11/01	115,21	8,69	4,480	0,326	0,124	7,530
DEZ	15/12/01	163,03	7,08	3,940	0,236	0,079	7,410
JAN	12/01/02	208,74	10,28	1,960	0,113	0,023	8,400
FEV	09/02/02	204,45	8,19	2,222	0,223	0,097	6,070
MAR	09/03/02	511,24	10,17	0,750	0,090	0,034	3,580
ABR	06/04/02	298,60	10,65	1,100	0,068	0,034	4,440
MAI	03/05/02	115,20	10,86	2,460	0,056	0,023	6,320
JUN	02/06/02	189,99	9,08	1,180	0,068	0,034	5,200
JUL	28/06/02	48,19	37,01	5,340	0,394	0,259	9,580
AGO	28/07/02	37,48	15,44	5,380	0,450	0,315	6,350
SET	25/08/02	69,40	17,78	2,490	0,512	0,200	3,980
OUT*	22/09/02	113,54	8,71	2,810	0,445	0,122	4,070
Total/médias 1º ano		2250,43	7,84	2,793	0,240	0,105	6,117
OUT	19/10/02	51,34	10,30	7,990	0,979	0,445	6,100
NOV	16/11/02	165,85	13,12	3,090	0,323	0,122	4,420
DEZ	14/12/02	232,21	11,43	2,750	0,248	0,225	2,970
JAN	11/01/03	304,06	10,16	1,960	0,180	0,135	2,160
FEV	08/02/03	295,91	9,90	1,400	0,169	0,101	2,560
MAR	08/03/03	484,99	5,28	1,360	0,180	0,113	2,290
ABR	04/04/03	184,76	8,00	3,700	0,360	0,304	3,400
MAI	03/05/03	112,18	9,26	3,040	0,338	0,315	3,080
JUN	31/05/03	39,67	10,15	7,580	0,473	0,349	4,250
JUL	27/06/03	71,20	10,50	4,120	0,563	0,349	3,490
AGO	27/07/03	157,97	6,50	2,550	0,315	0,281	2,590
SET	25/08/03	44,38	7,26	5,530	0,574	0,349	4,500
OUT*	21/09/03	106,92	8,54	2,440	0,270	0,236	3,540
Total/médias 2º ano		2251,44	5,91	3,655	0,382	0,256	3,488
MÉDIA ANUAL		2250,93	7,87	3,224	0,311	0,180	4,803

TABELA 31 - TEORES MENSIS DOS ELEMENTOS MINERAIS ESTIMADOS NA ÁGUA DE PRECIPITAÇÃO INTERNA NA FLORESTA SECUNDÁRIA AVANÇADA, NA RNSM, EM GUARAQUEÇABA, PR; EM $\mu\text{g/mL}$; EP = ERRO PADRÃO, EM % (RNSM)(INÍCIO: 24/09/01)

Mês	Data	Precip.(mm)	EP %	K	Ca	Mg	Na
OUT	19/10/01	184,59	8,83	1,190	0,169	0,034	5,780
NOV	16/11/01	123,41	14,98	2,370	0,248	0,068	7,230
DEZ	15/12/01	180,30	13,20	2,150	0,394	0,101	6,640
JAN	12/01/02	192,50	10,17	1,600	0,135	0,034	8,660
FEV	09/02/02	186,71	7,72	1,480	0,173	0,083	5,702
MAR	09/03/02	506,10	4,66	0,280	0,056	0,011	3,100
ABR	06/04/02	300,92	7,47	0,300	0,023	0,023	3,390
MAI	03/05/02	132,90	12,74	1,160	0,045	0,023	6,400
JUN	02/06/02	196,58	9,44	0,740	0,056	0,034	4,950
JUL	28/06/02	50,01	17,65	3,090	0,169	0,135	8,800
AGO	28/07/02	46,15	15,54	2,150	0,135	0,124	6,600
SET	25/08/02	77,06	12,87	1,320	0,312	0,045	3,920
OUT*	22/09/02	145,15	12,96	0,860	0,323	0,045	3,340
Total/médias 1º ano		2322,38	7,14	1,438	0,172	0,058	5,732
OUT	19/10/02	54,54	11,98	4,020	0,557	0,267	5,520
NOV	16/11/02	168,43	10,47	1,690	0,412	0,022	4,740
DEZ	14/12/02	263,20	6,38	1,960	0,248	0,270	3,150
JAN	11/01/03	358,14	8,12	1,150	0,169	0,090	2,090
FEV	08/02/03	365,72	8,81	0,740	0,169	0,079	2,380
MAR	08/03/03	465,05	7,60	0,680	0,180	0,056	1,740
ABR	04/04/03	179,22	8,55	1,320	0,203	0,225	3,260
MAI	03/05/03	105,72	9,33	2,240	0,203	0,214	2,950
JUN	31/05/03	37,16	10,11	3,040	0,236	0,248	3,710
JUL	27/06/03	61,74	9,10	1,770	0,180	0,090	3,480
AGO	27/07/03	149,83	10,55	1,600	0,236	0,203	3,020
SET	25/08/03	40,47	12,75	2,500	0,338	0,293	3,760
OUT*	21/09/03	98,25	13,20	1,820	0,225	0,248	3,280
Total/médias 2º ano		2347,47	7,57	1,887	0,258	0,177	3,314
MÉDIA ANUAL		2334,93	7,36	1,662	0,215	0,118	4,523

4.3.3 Quantidades de Elementos Minerais na Precipitação Pluviométrica

Na Tabela 32 estão apresentadas as quantidades mensais dos elementos depositados pela precipitação externa. O elemento de maior deposição foi o Na que, somente pela lavagem da atmosfera, no primeiro ano estudado, apresentou uma deposição de 106,14 kg/ha/ano, sendo um dos maiores valores encontrados na literatura (Tabela 36). O macronutriente que apresentou maior deposição pela precipitação externa foi o K; 7 kg/ha/ano no segundo ano estudado.

Os fluxos médios de elementos pela precipitação externa, em kg/ha/ano, foram: 83,4 de Na; 6,7 de K; 4,9 de Mg e 1,2 de Ca. De acordo com os valores registrados pela literatura presentes na Tabela 36, os valores podem ser considerados altos para Na, medianos para K e baixos para Ca e Mg.

Foram encontradas correlações significativas positivas, entre as quantidades de elementos depositados e as precipitações externa e interna nos dois sítios analisados. Para a precipitação direta: $r_s = 0,811$ para o Na; $r_s = 0,747$ para o K; $r_s = 0,672$ para o Ca e; $r_s = 0,493$ para o Mg; ($p < 0,02$, $n = 26$). Para a precipitação na capoeira os coeficientes foram: 0,827; 0,616; 0,441; respectivamente para o Na, K e Ca ($p < 0,03$, $n = 26$). Para a precipitação na floresta secundária os coeficientes foram um pouco mais fracos, sendo: $r_s = 0,789$ para o Na, $r_s = 0,541$ para o Ca e $r_s = 0,504$ para o K; ($p < 0,02$, $n = 26$). Isto indica que a quantidade de chuva rege as quantidades de elementos depositados no solo da floresta.

Foi notada a importância da água da chuva no retorno dos nutrientes para o solo, principalmente a contribuição do K, que no segundo ano do experimento, contribuiu com aproximadamente 58 kg/ha na lavagem do “dossel” da capoeira; comportamento também observado por (MEGURO *et al.*, 1979b; SANTOS, 1989; Britez, 1994; SCHRUMPF *et al.* 2006, entre outros autores). A chuva que atravessou a capoeira arrastou aproximadamente o dobro da quantidade de K lixiviada na floresta secundária (Tabelas 33 e 34). MARQUES e RANGER (1998) em estudo de uma cronosequência de povoamentos de pinheiros *Pseudotsuga menziesii*, na França, sugeriram que as quantidades mais altas de K lixiviadas das copas do povoamento mais jovem estudado (20 anos) se devem a maior taxa de crescimento que promove uma forte absorção foliar de NH_4^+ -N que resulta na liberação do íon K.

TABELA 32 - QUANTIDADES MENSIS DOS ELEMENTOS MINERAIS ESTIMADOS NA ÁGUA DA PRECIPITAÇÃO EXTERNA, NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR; EM kg/ha; EP = ERRO PADRÃO, EM % (RNSM)(INÍCIO: 24/09/01)

Mês	Data	Precip.(mm)	EP %	K	Ca	Mg	Na
OUT	19/10/01	219,89	1,65	0,968	0,174	0,024	10,973
NOV	16/11/01	128,36	1,33	0,488	0,116	0,030	7,111
DEZ	15/12/01	191,83	0,58	0,844	0,280	0,044	10,858
JAN	12/01/02	252,54	0,77	1,010	0,285	0,028	16,920
FEV	09/02/02	240,05	0,86	0,504	0,175	0,202	8,066
MAR	09/03/02	572,15	0,90	0,572	0,064	0,572	14,304
ABR	06/04/02	372,19	0,69	0,558	0,042	0,558	11,985
MAI	03/05/02	156,92	0,65	0,330	0,018	0,330	7,030
JUN	02/06/02	220,08	0,93	0,330	0,025	0,330	7,681
JUL	28/06/02	47,19	0,75	0,170	0,011	0,170	2,874
AGO	28/07/02	49,91	0,72	0,130	0,011	0,130	1,947
SET	25/08/02	81,56	1,16	0,130	0,018	0,130	1,762
OUT*	22/09/02	148,16	1,17	0,385	0,033	0,385	4,623
Total 1º ano		2680,84	0,71	6,42	1,25	2,93	106,13
OUT	19/10/02	65,73	1,62	0,309	0,022	0,309	2,366
NOV	16/11/02	192,79	1,36	0,251	0,043	0,251	6,670
DEZ	14/12/02	296,63	1,17	0,504	0,200	0,504	5,636
JAN	11/01/03	365,20	2,00	0,548	0,082	0,548	5,259
FEV	08/02/03	400,10	0,57	0,960	0,135	0,960	6,482
MAR	08/03/03	532,18	2,83	1,437	0,239	1,437	12,240
ABR	04/04/03	221,78	1,87	0,444	0,175	0,444	6,010
MAI	03/05/03	131,54	0,95	0,894	0,044	0,894	3,091
JUN	31/05/03	45,70	1,60	0,297	0,041	0,297	1,202
JUL	27/06/03	80,27	1,35	0,201	0,027	0,201	1,878
AGO	27/07/03	186,47	2,50	0,522	0,042	0,522	4,904
SET	25/08/03	45,97	2,04	0,257	0,026	0,257	1,774
OUT*	21/09/03	106,61	1,34	0,405	0,048	0,405	3,113
Total 2º ano		2670,97	1,17	7,03	1,12	7,03	60,63
MÉDIA ANUAL		2675,90	0,94	6,73	1,19	4,98	83,38

TABELA 33 - QUANTIDADES MENSIS DOS ELEMENTOS MINERAIS ESTIMADOS NA ÁGUA DA PRECIPITAÇÃO INTERNA NA CAPOEIRA, NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR; EM kg/ha; EP = ERRO PADRÃO, EM % (RNSM)(INÍCIO: 24/09/01)

Mês	Data	Precip.(mm)	EP %	K	Ca	Mg	Na
OUT	19/10/01	175,37	8,14	3,858	0,237	0,040	11,557
NOV	16/11/01	115,21	8,69	5,161	0,376	0,143	8,675
DEZ	15/12/01	163,03	7,08	6,423	0,385	0,129	12,080
JAN	12/01/02	208,74	10,28	4,091	0,236	0,048	17,534
FEV	09/02/02	204,45	8,19	4,543	0,456	0,198	12,410
MAR	09/03/02	511,24	10,17	3,834	0,460	0,173	18,302
ABR	06/04/02	298,60	10,65	3,285	0,202	0,101	13,258
MAI	03/05/02	115,20	10,86	2,834	0,065	0,026	7,281
JUN	02/06/02	189,99	9,08	2,242	0,128	0,064	9,879
JUL	28/06/02	48,19	37,01	2,573	0,190	0,125	4,616
AGO	28/07/02	37,48	15,44	2,017	0,169	0,118	2,380
SET	25/08/02	69,40	17,78	1,728	0,355	0,139	2,762
OUT*	22/09/02	113,54	8,71	3,190	0,505	0,139	4,621
Total 1º ano		2250,43	7,84	45,78	3,76	1,44	125,36
OUT	19/10/02	51,34	10,30	4,102	0,503	0,229	3,132
NOV	16/11/02	165,85	13,12	5,125	0,535	0,203	7,331
DEZ	14/12/02	232,21	11,43	6,386	0,575	0,522	6,897
JAN	11/01/03	304,06	10,16	5,960	0,547	0,410	6,568
FEV	08/02/03	295,91	9,90	4,143	0,499	0,300	7,575
MAR	08/03/03	484,99	5,28	6,596	0,873	0,546	11,106
ABR	04/04/03	184,76	8,00	6,836	0,665	0,561	6,282
MAI	03/05/03	112,18	9,26	3,410	0,379	0,353	3,455
JUN	31/05/03	39,67	10,15	3,007	0,187	0,138	1,686
JUL	27/06/03	71,20	10,50	2,933	0,401	0,248	2,485
AGO	27/07/03	157,97	6,50	4,028	0,498	0,444	4,091
SET	25/08/03	44,38	7,26	2,454	0,255	0,155	1,997
OUT*	21/09/03	106,92	8,54	2,609	0,289	0,253	3,785
Total 2º ano		2251,44	5,91	57,59	6,21	4,36	66,39
MÉDIA ANUAL		2250,93	7,87	51,69	4,99	2,90	95,88

Ao atravessar a capoeira, a água da precipitação foi enriquecida em sete vezes para o K (51,7 kg/ha/ano), quatro vezes para o Ca (5 kg/ha/ano) e 1,1 vezes para o Na (95,9 kg/ha/ano). Já o Mg diminuiu em 60% em relação à precipitação direta (2,9 kg/ha/ano). Na floresta secundária o enriquecimento em K foi cerca de 4 vezes e da mesma ordem que na capoeira para os demais elementos (Tabela 35).

Em floresta submontana na Nova Guiné, EDWARDS (1982) encontrou um aumento na precipitação interna de nove vezes para o K e Mg, de cinco vezes para o Ca e P e de 4,6 vezes para o N. SCHRUMPF *et al.* (2006) em floresta montana na Tanzânia encontraram um aumento para a precipitação que atravessa o dossel de cinco vezes para o K, 2,4 vezes para o Mg, 1,8 par o Na e 1,6 para o Ca.

Entre outros autores, ARCOVA e CICCO (1987), em floresta atlântica em São Paulo, observaram uma tendência indicando que K, Ca e Mg são elementos fortemente lixiviados da vegetação pela água das chuvas. EDWARDS (1982) sugeriu que o aumento de nutrientes, principalmente do Ca na precipitação interna está relacionado à decomposição de ramos e galhos ainda nas copas das árvores. Já o P e o Na são provenientes primeiramente pela lavagem de aerossóis da atmosfera. No entanto, no presente estudo houve uma redução dos teores e quantidades de Mg ao atravessar as copas das árvores, indicando que grande parte deste elemento provavelmente tenha ficado retida na vegetação. STEINHARDT²⁴, citado por SCHRUMPF *et al.* (2006) e GRIMM e FASSBENDER (1981), também encontraram uma retenção do Mg, ambos em florestas montanas na Venezuela. FRANKEN *et al.* (1985), em floresta de terra firme na amazônia, detectaram um mesmo padrão, mas para NH₄, sugerindo a rápida volatilização deste elemento na forma de N₂O ou N ou alta absorção foliar ou pela microflora. Já SCHRUMPF *et al.* (2006) registraram o mesmo padrão para NO₃, em floresta montana no Monte Kilimanjaro na Tanzânia e para outras florestas compiladas no seu trabalho.

²⁴ STEINHARDT, U. Untersuchungen über den Wasser – und Nährstoffhaushalt eines andinen Wolkenwaldes in Venezuela. **Göttinger Bodenkundliche Berichte**, v. 56, p. 1-182, 1979.

TABELA 34 - QUANTIDADES MENSIS DOS ELEMENTOS MINERAIS ESTIMADOS NA ÁGUA DA PRECIPITAÇÃO INTERNA NA FLORESTA SECUNDÁRIA AVANÇADA, NA RNSM, GUARAQUEÇABA, PR; EM kg/ha; EP = ERRO PADRÃO, EM % (RNSM)(INÍCIO: 24/09/01)

Mês	Data	Precip.(mm)	EP %	K	Ca	Mg	Na
OUT	19/10/01	184,59	8,83	2,197	0,312	0,063	10,669
NOV	16/11/01	123,41	14,98	2,925	0,306	0,084	8,923
DEZ	15/12/01	180,30	13,20	3,877	0,710	0,182	11,972
JAN	12/01/02	192,50	10,17	3,080	0,260	0,065	16,671
FEV	09/02/02	186,71	7,72	2,763	0,323	0,155	10,646
MAR	09/03/02	506,10	4,66	1,417	0,285	0,057	15,689
ABR	06/04/02	300,92	7,47	0,903	0,068	0,068	10,201
MAI	03/05/02	132,90	12,74	1,542	0,060	0,030	8,506
JUN	02/06/02	196,58	9,44	1,455	0,111	0,066	9,731
JUL	28/06/02	50,01	17,65	1,545	0,084	0,068	4,401
AGO	28/07/02	46,15	15,54	0,992	0,062	0,057	3,046
SET	25/08/02	77,06	12,87	1,017	0,240	0,034	3,021
OUT*	22/09/02	145,15	12,96	1,248	0,468	0,065	4,848
Total 1º ano		2322,38	7,14	24,96	3,29	0,99	118,32
OUT	19/10/02	54,54	11,98	2,193	0,304	0,146	3,011
NOV	16/11/02	168,43	10,47	2,847	0,694	0,037	7,984
DEZ	14/12/02	263,20	6,38	5,159	0,651	0,711	8,291
JAN	11/01/03	358,14	8,12	4,119	0,604	0,322	7,485
FEV	08/02/03	365,72	8,81	2,706	0,617	0,288	8,704
MAR	08/03/03	465,05	7,60	3,162	0,837	0,262	8,092
ABR	04/04/03	179,22	8,55	2,366	0,363	0,403	5,843
MAI	03/05/03	105,72	9,33	2,368	0,214	0,226	3,119
JUN	31/05/03	37,16	10,11	1,130	0,088	0,092	1,379
JUL	27/06/03	61,74	9,10	1,093	0,111	0,056	2,149
AGO	27/07/03	149,83	10,55	2,397	0,354	0,303	4,525
SET	25/08/03	40,47	12,75	1,012	0,137	0,118	1,522
OUT*	21/09/03	98,25	13,20	1,788	0,221	0,243	3,223
Total 2º ano		2347,47	7,57	32,34	5,19	3,21	65,32
MÉDIA ANUAL		2334,93	7,36	28,65	4,24	2,10	91,82

No presente trabalho foi encontrado uma relação Na/K igual a 12,4, indicando uma forte influência do Na proveniente do mar. Os elevados teores de Na estão associados à proximidade do mar, sendo suas concentrações influenciadas pelas massas de ar oceânicas (CLAYTON, 1972; ARCOVA *et al.* 1985; 1993).

ALLEN *et al.* (1968) citaram a relação Na/K mais próxima de 28, como indicadora de origem marinha, mas para comparações devem-se levar em consideração além da distância do sítio, os movimentos das massas de ar pelo relevo. Segundo CLAYTON (1972) as relações Na/K e Na/Ca tendem a diminuir com a continentalidade ao passo que a relação Na/Mg tende a aumentar, pois os níveis de Mg parecem diminuir mais rápido que o Na à medida que aumenta a distância do mar. No presente trabalho as relações Na/Ca e Na/Mg foram muito altas, respectivamente, 70 e 16,7. GORE (1968) cita a relação Ca/Mg, utilizada por CHAPMAN²⁵ para identificar o ponto nos quais os depósitos em turfeiras mudam de predominantemente continentais para predominantemente atmosféricos. Gore (1968) citou que MATTSON *et al.*²⁶ propuseram como critério o valor desta relação igual a 0,196 como similar ao da água do mar. Vários autores afirmaram que esta razão geralmente aumenta com a distância do mar, mas que também podem estar relacionadas a eventos antropogênicos recentes. No presente trabalho esta relação foi estimada em 0,239; indicando uma forte influência oceânica. Com as quantidades de elementos na chuva estimadas por ARCOVA e CICCIO (1987), em Floresta Ombrófila Densa Montana em São Paulo, foi obtida uma relação Ca/Mg igual a 1,71. Para o trabalho de SANTOS (1989) em Floresta Estacional Decidual no Paraná a relação Ca/Mg foi de 2,88 e para um Cerrado, em São Paulo, o valor estimado foi de 6,22 (COUTINHO *et al.*, 1979).

TABELA 35 - MÉDIAS VOLUMÉTRICAS DE PRECIPITAÇÃO EXTERNA, INTERNA NA CAPOEIRA E NA FLORESTA SECUNDÁRIA AVANÇADA E A QUANTIDADE ANUAL DE ELEMENTOS DEPOSITADOS (EM kg/ha)

	Precip.(mm)	Intercep. %	K	Ca	Mg	Na
Direta*	2676	-	6,72	1,19	4,98	83,38
Capoeira	2251	16	51,68	4,98	2,90	95,87
Floresta	2335	13	28,65	4,24	2,10	91,82

*Relações Ca/Mg = 0,239; Na/Mg = 16,74; Na/K = 12,40; Na/Ca = 70

²⁵ CHAPMAN, S. B. The ecology of Coom Rigg Moss, Northumberland. II. The chemistry of peat profiles and the development of the bog system. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 52, p. 315-321, 1964.

²⁶ MATTSON, S.; SANDBERG, G.; TERNING, P. E. Electro-chemistry of soil formation. VI. Atmospheric salts in relation to soil and peat formation and plant composition. **LantbrHögsk. Ann.**, v. 12, p. 101-118, 1944.

Comparando com o fluxo de nutrientes via queda de serapilheira na fisionomia mais desenvolvida de capoeira (Tabela 12), 27,9 kg de K, 94,7 kg de Ca e 16,8 kg de Mg foram depositados anualmente. Dos 79,5 kg/ha/ano da deposição de K estimada, 65% foram provenientes da precipitação no interior da capoeira. Dos 99,6 kg/ha/ano da deposição de Ca, apenas 5% foram provenientes da chuva nesta fisionomia. Dos 19,7 kg/ha/ano da deposição de Mg, apenas 15% foram provenientes da precipitação interna.

TABELA 36 - ESTIMATIVAS ANUAIS DOS FLUXOS DE ELEMENTOS ATRAVÉS DA PRECIPITAÇÃO EXTERNA E INTERNA EM DIFERENTES TRECHOS DE FLORESTAS TROPICAIS (EM kg/ha/ano) (FODAI- ALUVIAL); (FODSub – SUBMONTANA); (FODM – MONTANA); (FOD AmTF – AMAZÔNICA DE TERRA FIRME)

Tipo vegetacional	Local	Precip. Externa (kg/ha/ano)				Precip. interna (kg/ha/ano)				Referência
		K	Ca	Mg	Na	K	Ca	Mg	Na	
Brasil										
Restinga	PR	3,5	4,8	7,4		49,9	11,4	14,6		Britez (1994)
Restinga	PR	3,5	4,8	7,4		44,8	12,1	14,2		Britez (1994)
FODAI	PR	6,7	1,2	5	83,4	51,7	5	2,9	95,9	ESTE ESTUDO
FODSub	PR	6,7	1,2	5	83,4	28,6	4,2	2,1	91,8	ESTE ESTUDO
FODSub	RJ	5,3	7,0	6,2	26,0					Silva Filho <i>et al.</i> (1986)
FODSub	SP	6,0	19,0	3,0		18,0	41,0	6,0		Domingos <i>et al.</i> (1995/2000)
FODSub	SP	6,0	13,0	4,0		35,0	35,0	7,0		Domingos <i>et al.</i> (1995/2000)
FODM	SP	5,4	2,9	1,7	11,8	79,9	11,5	7,2	20,7	Arcova e Cicco (1987)
FOD AmTF	AM	2,4				22,1	1,0	7,8	8,4	Franken <i>et al.</i> (1985)
FOD AmTF	AM	2,1				22,1				Schubart <i>et al.</i> (1984)
FESDec	SP	2,4				126,0				Meguro <i>et al.</i> (1979b)
FESDec	PR	8,2	10,4	3,6	3,8	88,4	17,7	9,7		Santos (1989)
Cerrado	SP	2,6	5,6	0,9	3,5					Coutinho <i>et al.</i> (1979)
Cerradão	SP					77,6	23,5	12,3	25,5	Lima (1986)
Florestas tropicais em outras partes do mundo										
Trop. Montane	Honduras	2,0	16,0	18,0	4,0					Kellman <i>et al.</i> (1982)
Trop. Montane	Tanzânia	7,5	2,3	0,9	6,2	35,0	3,5	2,0	11,0	Schrumpf <i>et al.</i> (2006)
Trop. Montane	Nova Guiné	7,3	19,0	10,9		71,1	19,0	10,9		Edwards (1982)
Upper Montane	Colombia	7,9	10,1	3,2	24,1	95,2	27,1	10,7	26,4	Veneklaas (1990)
Upper Montane	Venezuela	2,6	5,6	5,2	3,3	69,7	6,9	3,3	4,4	Grimm e Fassbender (1981)

Considerações sobre as variações dos teores

Com o objetivo de estimar quanto os teores variam em cada coleta, para os dois sítios de precipitação interna, os coletores mais próximos foram agrupados de três em três, considerando a proporção de cada volume medido. Através das cinco repetições de análises de água na capoeira foram estimados os seguintes valores dos erros padrão: 11% para Ca, 15% para o Mg e K e 7% para o Na. Os respectivos

coeficientes de variação foram: 24, 33, 33 e 16%. Para as cinco repetições na água da chuva que atravessa a floresta secundária, os erros padrão foram: 26% para o Ca, 29% para o Mg, 19% para o K e 3% para o Na. Os coeficientes de variação foram respectivamente: 57, 66, 42 e 6. Tais valores indicam uma menor variabilidade para os teores de Ca, K e Mg no interior da capoeira em relação à floresta secundária, o que poderia ser explicado pela maior heterogeneidade na composição do dossel na floresta secundária.

5 CONCLUSÕES

Para o presente trabalho a estratificação da capoeira em duas fisionomias foi vantajosa, pois apesar dessas terem aproximadamente a mesma idade, apresentaram diferentes quantidades de deposição de serapilheira (reflexo dos diferentes valores estruturais), demonstrando um processo de sucessão secundária diverso, com diferentes velocidades de regeneração. Investigações mais detalhadas dos solos e suas relações hídricas, certamente trarão informações relevantes para explicar as diferenças entre as duas fisionomias estudadas. Considerando a idade de regeneração da área estudada (dez anos), e os baixos valores estruturais para densidade e área basal, a deposição total anual está entre os valores médios (fisionomia mais desenvolvida) e os valores baixos (fisionomia menos desenvolvida) encontrados em outros estudos no mesmo bioma. Levando em conta a complexidade da formação de Floresta Ombrófila Densa estudada, os erros de amostragem encontrados podem ser considerados satisfatórios.

Na maior parte dos trabalhos realizados na Floresta Atlântica e também nesse estudo, os máximos de deposição (em especial as frações foliares) ocorreram no final primavera, período em que há um aumento significativo da precipitação, da temperatura, da radiação solar e do fotoperíodo. No presente trabalho foi observado que o ciclo anual de deposição de serapilheira foliar pode ser situado antecedendo aproximadamente dois meses o ciclo anual das variáveis meteorológicas precipitação e temperaturas máxima, média e mínima. Isso se deve a adaptação genotípica das espécies da comunidade às características do clima e também às pequenas variações meteorológicas dentro do regime climático. Essa adaptação refere-se a um descarte de folhas velhas para a renovação da superfície fotossintetizante para melhorar a produtividade no período com condições mais favoráveis (verão). A forma de análise através das correlações apresentadas nesse trabalho permitiu uma maior obtenção de dados sobre as relações entre os ciclos fenológicos e meteorológicos (climáticos), tendo em vista que são obtidas distâncias temporais entre os picos desses eventos e também valores que indicam as semelhanças entre os comportamentos das variáveis envolvidas nessas análises.

As deposições de folhas das principais espécies da área de estudo demonstraram uma participação mais equilibrada na fisionomia de capoeira mais desenvolvida, tendo *Myrsine coriacea* como espécie que mais contribuiu na deposição estimada. Já para a fisionomia menos desenvolvida, a maior participação na deposição das folhas se restringiu a um pequeno grupo de espécies, tendo como principais *Cecropia pachystachya* e *Tibouchina pulchra*. É importante considerar que a presença de espécies exóticas invasoras, como *Brachiaria mutica*, que ocorre geralmente em solos com maior umidade e que é comum na fisionomia menos desenvolvida, parece ser um fator relevante no atraso do processo de regeneração da floresta, dependente de um bom funcionamento do ciclo de nutrientes.

A soma das quantidades dos macronutrientes analisados alcançou 237 kg/ha/ano para a fisionomia mais desenvolvida e 97 kg/ha/ano para a menos desenvolvida. O valor para a fisionomia mais desenvolvida pode ser considerado intermediário, comparando-se com outros estudos em florestas brasileiras. As concentrações entre os elementos geralmente seguiram o seguinte padrão: N > Ca > K > Mg > Al > P > Mn > Fe > Zn > Cu. Em alguns casos o Al apresentou altíssimas concentrações devido à presença de *T. pulchra*, espécie acumuladora deste elemento, responsável por 82% do retorno deste elemento no solo da fisionomia menos desenvolvida, aproximadamente 7,9 kg/ha/ano.

Entre as espécies estudadas, para *C. pachystachya* foi observada a mais alta eficiência no uso do N, indicando menor exigência a esse nutriente disponível no solo. *T. pulchra* apresentou maior eficiência no uso do P e *M. coriacea* e *S. multijuga* apresentaram alta eficiência no uso do Ca. Durante a sucessão cada grupo de espécies parece desempenhar um papel diferente na recomposição das características originais dos horizontes superficiais do solo.

Para o tipo de ambiente estudado, os dados coletados indicaram um tempo médio de um ano, para que a metade do material foliar caído no solo da capoeira fosse decomposto. A perda de material foi acentuada no primeiro trimestre. Esta estimativa pode ser considerada mediana entre os valores encontrados para a floresta atlântica e baixa comparando com outras florestas tropicais. Entre os macronutrientes, houve uma tendência de aumento nos teores de N, P, Ca e Mg, e de diminuição para o K. A massa seca, o C (carbono) e o Mg apresentaram um

comportamento similar de liberação durante o processo de decomposição. Houve uma tendência de aumento nos teores para todos os outros elementos analisados (Fe, Mn, Cu, Zn e Al) e também de aumento na quantidade de Al e Fe na serapilheira durante o processo de decomposição.

A seqüência decrescente dos elementos depositados pelos diversos tipos de precipitação foi: Na > K > Ca > Mg. As estimativas para a deposição do Na pela precipitação, foram bem maiores que as encontradas pela revisão da literatura.

O macronutriente que apresentou maiores deposições foi o K. Foi notada a importância da precipitação interna no retorno dos nutrientes para o solo, principalmente a contribuição do K. Foi estimado que 65% fluxo desse elemento para o solo (serapilheira + precipitação interna) foi através desse processo na fisionomia mais desenvolvida da capoeira. Para o Ca e Mg, a precipitação interna representou respectivamente 5 e 15% do fluxo para cada elemento.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDICOTT, F. T.; LYON, J. L. Physiological ecology of abscission. In: KOZLOWSKI, T. T. (Ed.). **Physiological ecology: a series of monographs, texts and treatises**. New York: Academic, 1973. p. 85-123.

ALLEN, S. E.; CARLISE, A.; WHITE, E. J.; EVANS, C. C. The plant nutrient content of rainwater. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 9, p. 497-504, 1968.

ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da mata atlântica**. Ilhéus: Editus, 2000.

ALVAREZ-SANCHEZ, J.; ENRÍQUEZ BECERRA, R. Leaf decomposition in a Mexican tropical rain forest. **Biotropica**, Lawrence, v. 28, n. 4b, p. 657-667, 1996.

ANDRAE, F. H. **Ecologia florestal**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1978.

ANGULO, R. J. Mapa do Cenozóico do litoral do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 55, p. 25-42, 2004.

ARCOVA, F. C. S; CICCICO, V. Fluxo de nutrientes através da precipitação interna e escoamento pelo tronco em floresta natural secundária no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Cunha, SP. **Boletim técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 37-58, março, 1987.

ARCOVA, F. C. S; CICCICO, V.; LIMA, W. P. Balanço dos nutrientes Ca, Mg, Na, K e NO₃ em bacia hidrográfica experimental com vegetação natural do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Cunha, SP. **Boletim técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 31, p. 61-67, 1985.

ARCOVA, F. C. S; CICCICO, V.; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de mata atlântica em uma microbacia experimental em Cunha, São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 27, n. 2, p. 257-262, 2003.

ARCOVA, F. C. S; CICCICO, V.; SHIMOMICHI, P. Y. Qualidade da água e dinâmica dos nutrientes em bacia hidrográfica recoberta por floresta de mata atlântica. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 5, n. 1, 1-20, 1993.

ARUNACHALAM, A; MAITHAMI, K.; PANDEY, H. N.; TRIPATHI, R. S. Leaf litter decomposition and nutrient mineralization patterns in regrowing stands of a humid subtropical forest after tree cutting. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, 109, p. 151-161, 1998.

BALDWIN, J. M. A new factor in evolution. **American Naturalist**, v. 30, n. 354, p. 441-451, 1896.

Disponível em < http://spartan.ac.brocku.ca/~lward/Baldwin/Baldwin_1986_h.html > Acesso em 17 ago. 2005.

BIDWELL, R.G.S. **Plant Physiology**. New York: MacMillan, 1974.

BOCOCK, K. L.; GILBERT, O. J. W. The disappearance of litter under different woodland conditions. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 9, n. 2, p. 179-185, 1957.

BRADSHAW, A. D. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. **Advances in Genetics**, San Diego, n. 13, p. 115-155, 1965.

BRASSEL, H. M.; UNWIN, G. L.; STOCKER, G. C. The quantity, temporal distribution and mineral-element content of litterfall in two types at two sites in tropical Australia. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 68, p. 123-139, 1980.

BRAY, J. R.; GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**, San Diego, v. 2, p. 101-157, 1964.

BRITEZ, R. M.; REISMANN, C. B.; SILVA, S. M.; SANTOS FILHO, A. Deposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de Araucária, São Mateus do Sul, Paraná. In: 2º CONGRESSO NACIONAL DE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Revista do Instituto Florestal, 1992. v. 4, n. 3, p. 766-772.

BRITEZ, R. M. **Ciclagem de nutrientes minerais em duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR.** Curitiba, 1994. 240 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BRITEZ, R. M.; REISSMANN, C. B.; SILVA, S. M.; ATHAYDE, S. F.; LIMA, R. X. Interceptação das chuvas em duas formações florestais da planície litorânea da Ilha do Mel, PR. In: FÓRUM GEO-BIO-HIDROLOGIA: estudo em vertentes e microbacias hidrográficas, 1., 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1998. p. 60-69.

BRITEZ, R. M. **Efeito do alumínio em duas espécies arbóreas da planície litorânea da Ilha do Mel, PR.** Curitiba, 2001. 260 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

BRITEZ, R. M.; REISSMANN, R. M.; WATANABE, T.; OSAKI, M. Efeito do alumínio no desenvolvimento e nutrição de *Tapirira guianensis* Aublet em solução hidropônica. **Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 2, p. 171-187, 2002.

BRITEZ, R. M.; PIRES, L.; REISSMANN, C. B.; PAGANO, S. N.; SILVA, S. M.; ATHAYDE, S. F.; LIMA, R. X. L. Ciclagem de nutrientes na planície costeira. In: MARQUES, M. C. M; BRITEZ, R. M. (Ed.) **História natural e conservação da Ilha do Mel.** Curitiba: Editora UFPR, 2005. p. 145-168.

BROWN, I, F.; SILVA-FILHO, E. V.; OVALLE, A. R. C.; The use of binary state analysis for estimating element fluxes in a subtropical premontane wet forest, Rio de Janeiro, Brazil. WORKSHOP ON BIOGEOCHEMISTRY OF TROPICAL RAIN FORESTS: problems for research, 1985, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: WWF-US/D-LPF/USP/CENA, 1985. p. 3-10.

BROWN, S.; LUGO, A. The storage and production of organic matter in tropical forest and their role in the global carbon cycle. **Biotropica**, Washington D. C., v. 14, n. 3, p. 161-187, 1982.

CARPANEZZI, A. A. **Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucaliptos no interior do estado de São Paulo**. Piracicaba, 1980. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CESAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua na fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 53, n. 4, p. 671-681, 1993a.

CESAR, O. Nutrientes minerais da serapilheira produzida na mata mesófila semidecídua na fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 53, n. 4, p. 659-669, 1993b.

CHAPMAN, C. A.; CHAPMAN, L. J.; STRUHSAKER, T. T.; ZANNE, A. E.; CLARK, C. J. & POULSE, J. R. A long-term evaluation of fruiting phenology: importance of climate change. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.21, p. 31-45, 2005.

CLARKE, R. T. The interception process in tropical rain forests: a literature review and critique. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 16/17, p. 225-238, 1986.

CLAYTON, J. L. Salt spray and mineral cycling in two California coastal ecosystems. **Ecology**, Durham, v. 53, p. 74-81, 1972.

COUTINHO, L. M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. III – A precipitação atmosférica de nutrientes minerais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 2, p. 97-101, 1979.

CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient dynamics within Amazonian forest ecosystems. I. Nutrient flux in fine litter fall and efficiency of nutrient utilization. **Oecologia**, Berlin, v. 68, p. 466-472, 1986.

CUNHA, G. C.; GRENDEN, L. A.; DURLO, M. A.; D. A. BRESSAN. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 3, n. 1, p. 35-64, 1993.

CUSTÓDIO FILHO, A; FRANCO, G. A. D. C.; POGGIANI, F.; DIAS, A. C. Produção de serapilheira e o retorno de macronutrientes em floresta pluvial atlântica - Estação Biológica de Boracéia, São Paulo, BR. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 8, n.1, p.1-16, 1996.

DE VUONO, Y. S.; DOMINGOS, M.; LOPES, M. I. M. S. Decomposição da serapilheira e liberação de nutrientes na floresta da reserva biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 16, p. 179-193, 1989.

DIAS, H. C. T.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Variação temporal e espacial da produção de serapilheira em uma floresta estacional semidecídua Montana em Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 21, n. 1, p. 11-26, 1997.

DINIZ, S. **Ciclagem de nutrientes associados aos processos de produção e decomposição do folheto em um ecossistema de mata mesófila semi-decídua, no município de Araras, SP.** Rio Claro, 1987. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.

DOMINGOS, M., POGGIANI, F., STRUFFALDI-DE VUONO, Y.; LOPES, M. I. M. S. Produção de serapilheira na floresta da Reserva Biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, SP. **Hoehnea**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 47-58, 1990.

DOMINGOS, M., POGGIANI, F., STRUFFALDI-DE VUONO, Y.; LOPES, M. I. M. S. Precipitação pluvial e fluxo de nutrientes na floresta da Reserva Biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 119-131, 1995.

DOMINGOS, M., MORAES, R.M., STRUFFALDI-DE VUONO, Y.; ANSELMO, C.E. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes em um trecho de Mata Atlântica secundária, na Reserva Biológica de Paranapiacaba, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 91-96, 1997.

DOMINGOS, M, L., SILVEIRA, M. I. M.; STRUFFALDI-DE VUONO, Y. Nutrient cycling disturbance in Atlantic Forest sites affected by air pollution coming from the industrial complex of Cubatão, Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 77-85, 2000.

DOMINGOS, M. ; KLUMPP, A. ; RINALDI, M.C.S. ; KLUMPP, G. ; MODESTO, I. F. ; DELITTI, W.B.C. Combined effects of air and soil pollution by fluoride emissions on *Tibouchina pulchra* Cogn., at Cubatão, SE Brazil, and their relations with aluminium. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 249, p. 297-308, 2003.

DURIGAN, G.; LEITÃO FILHO, H. F; PAGANO, S. N. Produção de folheto em matas ciliares na região oeste do estado de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 8, n.2, p.187-199, 1996.

DUVIGNEAUD, P. **A Síntese Ecológica**. 2. ed. Lisboa: Instituto Piaget, 1980.

EDWARDS, P. J. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. II. The production and disappearance of litter. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 65, p. 971-992, 1977.

EDWARDS, P. J. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. V. Rates of cycling in throughfall and litter fall. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 70, p. 807-827, 1982.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA EM AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisas em Solos, 1999.

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

EWEL, J. Succession. In: GOLLEY, F. B. (Ed.). **Tropical Rain Forest Ecosystems: structure and function**. Biogeographical and ecological studies 14 A. Elsevier, 1983. p. 217-223.

FUNDAÇÃO O BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO DA NATUREZA. **Reserva Natural Salto Morato – Plano de manejo**. São José dos Pinhais, 1995.

FUNDAÇÃO O BOTICÁRIO DE PROTEÇÃO DA NATUREZA. **Reserva Natural Salto Morato – Mapa geológico**. Lima, M. C.; Paliodoro, G. F. B (ed.). São José dos Pinhais, 2001.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no Domínio da Mata Atlântica no período de 1990-1995**. São Paulo, 1998.

FASSBENDER, H. W.; GRIMM, U. Ciclos bioquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. II. Producción y descomposición de los residuos vegetales. **Turrialba**, São Jose, v. 31, n. 1, p. 39-47, 1981.

FERNANDES, A. V.; BACKES, A. Produtividade primária em floresta com *Araucaria angustifolia* no Rio Grande do Sul. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 51, n. 1, p. 63-78, 1998.

FRANKEN, W; LEOPOLDO, P. R.; BERGAMIN, H. Nutrient flow through natural waters in “terra firme” forest in central Amazon. **Turrialba**, São Jose, v. 35, n. 4, p. 383-393, 1985.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 2, p. 193-207, 2002.

GAMA, D. M.; VILLELA, D, M. Influência da fragmentação florestal na decomposição foliar de uma mata atlântica na Rebio União, RJ. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6., 2003, Fortaleza, CE. **Anais...** Editora da Universidade Federal do Ceará, 2003. p. 214-216.

GALVÃO, F.; ZILLER, S. R.; BUFREM, A. M. Decomposição foliar de algumas espécies arbóreas: análise sucessional em floresta estacional decidual. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 11, n. 1-2, 1989/1991.

GATTI, G. A. **Composição florística, fenologia e estrutura da vegetação de uma área em restauração ambiental, Guaraqueçaba, PR.** Curitiba, 2000, 114 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.

GATTI, G. A.; MOCOCHINSKI, C.; SCHEER, M. B.; PUTINI, F. A.; LORENZETTO, A.; CAVASSANI, A. **Projeto Sucessão:** pesquisa e aplicação em restauração ambiental – fase II. Curitiba, 2002/2004. Projeto FBPN 048720011. Relatório conclusivo.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I.; DUEVER, M. J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida.** São Paulo: E. P. U. EDUSP, 1978.

GOLLEY, F. B. Nutrient cycling and nutrient conservation. In: GOLLEY, F. B. (Ed.). **Tropical Rain Forest Ecosystems:** structure and function. Biogeographical and ecological studies 14 A. Amsterdam: Elsevier, 1983. p. 137-153.

GOLLEY, F. B. Decomposition. In: GOLLEY, F. B. (Ed.). **Tropical Rain Forest Ecosystems:** structure and function. Biogeographical and ecological studies 14 A. Elsevier, 1983. p. 157-166.

GORE, A. J. P. The supply of six elements by rain to an upland peat area. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 56, p. 483-495, 1968.

GORHAM, E.; VITOUSEK, P. M.; REINERS, W. A. The regulation of chemical budgets over the course of terrestrial ecosystem succession. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 10, p. 53-84, 1979.

GRANDI, R. A. P.; GUSMÃO, L. F. P. Hyphomycetes decompositores do folheto de *Tibouchina pulchra* Cogn. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 79-87, 2002.

GRIMM, U.; FASSBENDER, H. W. Ciclos bioquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. III. Ciclo hidrológico y translocación de elementos químicos con el agua. **Turrialba**, São Jose, v. 31, n. 2, p. 89-99, 1981.

GRUBB, P. J. Control of forest growth and distribution on Wet Tropical Mountains: with special reference to plant nutrition. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 8, p. 83-107, 1977.

GRUBB, P. J. Mineral nutrition and soil fertility in tropical rain forests. In: LUGO, A. E.; LOWE, C. (Ed.). **Tropical Forests:** management and ecology. New York: Springer, 1995, p. 308-330. (Ecological Studies, v. 112).

HILDEBRAND, C. **Manual de análises químicas de solo e plantas.** Curitiba: Editora UFPR, 1976. Mimeografado.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas de estado do Paraná - classificação segundo W. Köppen.** Disponível em: <http://www.iapar.br/Sma/Cartas_Climaticas/Classificacao_Climatica.htm> Acesso em 15 jul. 2005.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Sistema de monitoramento agroclimático do Paraná: estação de Guaraqueçaba.** Disponível em: <http://200.201.27.14/Site/Sma/Estacoes_IAPAR/Estacoes_Parana.htm> Acesso em 7 mar. 2006.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. **Zoneamento da APA de Guaraqueçaba: diagnóstico ambiental e socioeconômico - Geologia.** Curitiba, 2001.

JACKSON, J. F. Seasonality of flowering and leaf-fall in a Brazilian subtropical lower montane moist forest. **Biotropica**, Washington D. C., v. 10, n. 1, p. 38-42, 1978.

JENNY, H.; GESSEL, S. P.; BINGHAM, T. Comparative study of decomposition rates of organic matter in temperate and tropical regions. **Soil Science**, Baltimore, v. 68, p. 419-432, 1949.

JORDAN, C. F. The nutrient balance of an Amazonian rain forest. **Ecology**, Durham, v. 63, n. 3, p. 647-654, 1982.

JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems.** Chichester: Wiley & Sons, 1985.

KELLMAN, M.; HUDSON, J.; SANMUGADAS, K. Temporal variability in atmospheric nutrient influx to a tropical ecosystem. **Biotropica**, Washington, v. 14, n. 1, p. 1-9, 1982.

KLEIN, R. M. Ecologia da flora e vegetação do Vale do Itajaí (continuação). **Sellowia**, Itajaí, v. 32, p. 31-32, 1980.

KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A. Litter production in an area of Amazonian terra firme forest. I – Litter - fall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. **Amazoniana**, Kiel, v. 1, n. 4, p. 287-301, 1968a.

KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A. Litter production in an area of Amazonian terra firme forest. II – Mineral content of the litter. **Amazoniana**, Kiel, v. 1, n. 4, p. 303-310, 1968b.

KOEHLER, C. W; REISSMANN, C. B.; KOEHLER, H. S. Deposição de resíduos orgânicos (serapilheira) e nutrientes em plantio de *Araucaria angustifolia* em função do sítio. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 9, p. 89-96, 1987.

KOEHLER, C. W. **Variação estacional da deposição de serapilheira e de nutrientes em povoamentos de *Pinus taeda* na região de Ponta Grossa, PR.** Curitiba, 1989, 148 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

LARCHER, W. **Ecolofisiologia vegetal.** São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1986.

LEITÃO-FILHO, H. F.; PAGANO, S. N.; CESAR, O.; TIMONI, J. L.; RUEDA, J. J. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão.** São Paulo: Editora da UNESP, 1983.

LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitoecológicas da região sul do Brasil.** Curitiba, 1994. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

LEOPOLDO, P. R.; CONTE, M. L. Repartição de áhua em cobertura vegetal com características típicas de cerradão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS E SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS EM REGIÕES METROPOLITANAS, 6., 1985, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1985, p. 212-220.

LIKENS, G. E.; BORMANN, F. H.; PIERCE, R. S.; EATON, J. S.; JOHNSON, N. M. **Biogeochemistry of a forested ecosystem.** New York: Springer, 1977.

LIMA, W. P. Entrada de nutrientes pela chuva e pela lixiviação das copas das florestas homogêneas de pinheiros tropicais e em vegetação natural de cerradão. **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Carlos, SP, v. 1, p. 503-525, 1986.

LISANERWORK, N.; MICHELSEN, A. Litterfall and nutrient release by decomposition in three plantations compared with a natural forest in the Ethiopian highland. **Forest Ecology and Management**, Amsdertam, v. 65, p. 149-164, 1994.

LOUZADA, M. A. P. **O aporte de matéria orgânica ao solo em floresta atlântica de tabuleiros, Linhares (ES): ritmo fenológico e papel da diversidade arbórea.** Rio de Janeiro, 1997, 94 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LUIZÃO, F. J. **Produção e decomposição da liteira de terra firme da amazônia central. Aspectos químicos e biológicos da lixiviação e remoção dos nutrientes da liteira.** Manaus, 1982. 109 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Fundação Universidade do Amazonas.

LUIZÃO, F. J.; SCHUBART, H. O. R. Produção e decomposição de liteira em floresta de terra firme da amazônia central. **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Carlos, SP, v. 1, p. 575-600, 1987.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1968.

MARQUES, M. C. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Fenologia de espécies do dossel e do sub-bosque de duas florestas de Restinga na Ilha do Mel, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 4, p.713-723, 2004.

MARQUES, R.; RANGER, J. Dinâmica hidrobiogeoquímica em um ecossistema florestal de clima temperado. In: FORUM DE GEO-BIO-HIDROLOGIA, ESTUDOS EM VERTENTES E MICROBACIAS HIDROGRAFICAS, 1., 1998, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1998. p. 219-237.

MASON, C. F. **Decomposição**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1980 (Temas de biologia, v. 18).

MAZUREC, A. P.; VILLELA, D. M. Produção e camada da serrapilheira em uma mata atlântica na Serra do Imbé, norte fluminense, em diferentes altitudes. In: SIMPOSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 4., 1998, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** 1998, v. 3. p. 36-42.

MEGURO, M.; VINUEZA, G. N.; DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo. I - Produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 7, p. 11-31, 1979a.

MEGURO, M.; VINUEZA, G. N.; DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo. II – O papel da precipitação na importação de potássio e fósforo. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 7, p. 61-67, 1979b.

MEGURO, M.; VINUEZA, G. N.; DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo. III – Decomposição do material foliar e liberação dos nutrientes minerais. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 8, p. 7-20, 1980.

MELLO, R. S. P. **Produção de serapilheira e aspectos da ciclagem de nutrientes em dois tipos florestais adjacentes no Rio grande do Sul**. Porto Alegre, 1995. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MINEROPAR MINERAIS DO PARANÁ SA. **Atlasgeo.pdf. Atlas geológico do estado do Paraná**. Curitiba, 2001.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, N.; GIL, P. R.; MITTERMEIER, C. G. **Hotspots: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions**. México: Cemex, 1999.

MOCOCHINSKI, A. Y.; WISNIEWSKI, C.; SCHEER, M. B.; PUTINI, F. A.; GATTI, G. A.; LORENZETTO, A.; CAVASSANI, A. T.. Solos e vegetação em uma área em processo de regeneração ambiental em Guaraqueçaba, PR. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 29., 2003, Ribeirão Preto, SP. **Relação de trabalhos**. Ribeirão Preto, 2003. CD ROM.

MOLCHANOV, A. A. **Hidrologia Florestal**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1963.

MORAES, R.M., DELITTI, W.B.C.; STRUFFALDI-DE VUONO, Y. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian tropical forests. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n.1, p. 9-16, 1999.

MORELLATO, L. P. C. Nutrient cycling in two south-east Brazilian forests. I Litterfall and litter standing crop. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 8, p. 205-215, 1992.

MORELLATO, L. P. C.; TALORA, D. C.; TAKAHASI, A.; BENCKE, C. C.; ROMERA, E. C.; ZIPPARRO, V.B. Phenology of atlantic rain forest trees: a comparative study. **Biotropica**, Washington D. C., v. 32, n. 4b, p. 811-823, 2000.

NOIJ, I. G. A. M.; JANSSEN, B. H.; WESSELINK, L. G.; VAN GRINSVEN, J. J. M. **Modeling nutrient and moisture cycling in tropical forests**. The Netherlands, 1993. (Tropenbos Series 4).

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

OLIVEIRA, R. R. **Produção e decomposição de serrapilheira no Parque Nacional da Tijuca – Rio de Janeiro**. 1987. 107 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, R. R.; LACERDA, L. D. Produção e composição química da serapilheira na Floresta da Tijuca, RJ. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 93-99, 1993.

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, Durham, v. 44, n. 2, 1963.

OSADA, N.; TAKEDA, H.; FURUKAMA, A; AWANG, M. Ontogenetic changes in leaf phenology of a canopy species, *Elateriospermum tapos* (Euphorbiaceae), in a Malaysian rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 18, p. 91-105, 2002.

OSTAPCZUK, P. Wet precipitation: rain and snow. In: STOEPLER, M. (Ed.). **Sampling and sample preparations: practical guide for analytical chemists**. Berlin, Springer, 1997. p. 13-25.

PAGANO, S. N. **Estudo florístico, fitossociológico e de ciclagem de nutrientes em mata mesófila semidecídua, no município de Rio Claro, SP**. Rio Claro, 1985. 201 f. Dissertação (Livre-docência em Botânica) – Instituto de Biociências de Rio Claro, Universidade Estadual de São Paulo.

PAGANO, S. N. Produção de folheto em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 3, p. 633-639, 1989a.

PAGANO, S. N. Nutrientes minerais do folheto em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 3, p. 641-647, 1989b.

PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of three tropical legumes. **Biotropica**, Washington D. C., v. 22, n. 4, p. 330-338, 1990.

PERES, J. R. R.; SUHET, A. R.; VARGAS, M. A. T.; DROZDOWICZ, A. Litter production in areas of Brazilian "cerrados". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 9, p. 1037-1043, 1983.

PERKIN-ELMER Corp. **Analytical Methods for Atomic Absorption Spectrophotometry**. Norwalk, CT: Perkin-Elmer Corp., 1973 and revised edition, 1982.

PINTO, B. P. **Contribuição de espécies arbóreas de diferentes fases sucessionais da floresta ombrófila densa das terras baixas para ciclagem de nutrientes minerais, Floresta Estadual do Palmito, Paranaguá, PR**. Curitiba, 2001. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

PINTO, C. B.; MARQUES, R. Aporte de nutrientes por frações de serapilheira em sucessão ecológica de um ecossistema da floresta atlântica. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 3, p. 257-264, 2003.

PIRES, L. A. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em uma formação de restinga na Ilha do Mel**. Rio Claro, 2001. 187 f. Dissertação (mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho.

PORTES, M. C. G. de O. **Deposição de serapilheira e decomposição foliar em floresta ombrófila densa altomontana, Morro Anhangava, Serra da Baitaca, Quatro Barras, PR**. Curitiba, 2001. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

PRESCOTT, C. Do rates of litter decomposition tell us anything we really need to know? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 220, p. 66-74, 2005.

PROCTOR, J.; ANDERSON, J. M.; FOGDEN, S. C. L. ; WALLACK, H. W. Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gulung Mulu National Park, Sarawak. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 71, p. 262-283, 1983.

ROCHA, A.; MARQUES, R.; CINTRA, A. P. U. Dinâmica da decomposição e liberação de nitrogênio de duas espécies arbóreas em floresta ombrófila densa das terras baixas no Paraná. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6., Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará, 2003. p. 172-173.

RODIN, L.E.; BASILEVICH, N.I. **Production and mineral cycling in terrestrial vegetation**. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1967.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná. **Fitogeografia do sul da América. Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, p. 75-92, 2002.

SAMPAIO, E. V. S. B; DALL`OLIO, A.; NUNES, K. S.; PINTO, E. E. A model of litterfall, litter layer losses and mass transfer in a humid tropical forest at Pernambuco, Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v.9, p. 291-301, 1993.

SAMPAIO, E. V. S. B; NUNES, K. S.; LEMOS, E. Ciclagem de nutrientes na mata de Dois Irmãos (Recife – PE) através da queda de serapilheira. **Pesq. Agropec. bras.**, Brasília, DF, v. 23, n. 10, p. 1055-1061, 1988.

SANTOS, V. D. **Ciclagem de nutrientes minerais em mata tropical subcaducifolia nos planaltos do Paraná (Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo – Fênix/PR)**. São Carlos, 1989. 385 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Departamento de Ciências Biológicas, Universidade de São Carlos, São Carlos.

SCHORN, L. A. **Estrutura e dinâmica de estágios sucessionais de uma floresta ombrófila densa em Blumenau, Santa Catarina**. Curitiba, 2005, 180 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SCHRUMPF, M.; ZACH, W.; AXMACHER, J. C.; LYARUU, H. V. M. Biogeochemistry of an afro-tropical montane rain forest on Mt. Kilimanjaro, Tanzania. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 22, p. 77-89, 2006.

SCHUBART, H. O. R.; FRANKEN, W.; LUIZÃO, F. J. Uma floresta sobre solos pobres. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 2, n. 10, 1984.

SCOTT, D. A.; PROCTOR, J.; THOMPSON, J. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maraca Island, Roraima, Brazil. II - Litter and nutrient cycling. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 4, p. 705-717, 1992.

SEMA SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Mapeamento da Floresta atlântica do estado do Paraná**. Curitiba, 2002. 1 CD-ROM.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 4, n. 3, p. 289-302, 1981.

SILVA, M. F. F. Produção anual de serapilheira e seu conteúdo mineralógico em mata tropical de terra firme. Tucuruí-Pa. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Belém, v. 1, n. 1/2, p. 111-158, 1984.

SILVA, M. F. F.; LOBO, M. G. A. Nota sobre a deposição de matéria orgânica em floresta de terra firme, varzea e igapó. **Boletim do Museu paraense Emílio Goeldi**, Belém, v. 56, p. 1-13, 1982.

SILVA-FILHO, E. V.; OVALLE, A. R. C. E BROWN, I. F. Balanço de nutrientes em uma floresta tropical úmida, Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro. **Acta Limnologica Brasiliensia**, São Carlos, SP, v. 1, p. 479-499, 1986.

SILVER, W. L. Is nutrient availability related to plant nutrient use in humid tropical forests? **Oecologia**, Berlin, v. 98. p. 336-343, 1994.

SMITH, K. GHOLZ, H. L.; OLIVEIRA, F. A. Litterfall and nitrogen-use efficiency of plantations and primary forest in the eastern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 109, p. 209-220, 1998.

SOUSA, S. G. A. **Produção e decomposição de serapilheira de uma floresta ombrófila mista aluvial, Rio Barigui, Araucária, PR**. Curitiba, 2003, 127 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

SOUZA, J. A.; DAVIDE, A. C. Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scrabella*) eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 101-113, 2001.

STATISTICAL GRAPHICS CORPORATION. **STATGRAPHICS Plus for Windows 4.1**. 1994-1999. CD -18 Mb.

SWIFT, M. J.; ANDERSON, J. M. Decomposition. In: LIETH, H. WERGER, M. J. A. (Ed.) **Tropical Rain Forest Ecosystems: structure and function**. Biogeographical and ecological studies 14 B. Amsterdam: Elsevier, 1989. p. 547-569.

SWAMY, H. R.; PROCTOR, J. Litterfall and nutrient cycling in four forests in Sringeri area of Indian Western Ghats. **Global Ecology and Biogeography Letters**, Oxford, UK, v. 4, p. 155-165, 1994.

TALORA, D. C.; MORELLATO, L. P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 13-26, 2000.

TANNER, E. V. J. The decomposition of leaf litter in Jamaican montane rain forests. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 69, p. 263-275.

THOMPSON, M.; VITOUSEK, P. M. Asymbiotic nitrogen fixation and litter decomposition on a long soil-age gradient in Hawaiian montane rain forest. **Biotropica**, Washington D.C., v. 29, n. 2, p. 134-144, 1997.

TOKY, O. P.; RAMAKRISHNAN, P. S. Secondary succession following slash and burn agriculture in north-eastern India. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 71, p. 735-745, 1983.

TOLEDO, L. O.; PEREIRA, M. G.; MENEZES, C. E. G. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 9-16, 2002.

TREWAVAS, A. 2004. Aspects of Plant Intelligence: an Answer to Fern. **Annals of Botany**, Oxford, v. 93, p. 353-357, 2004.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1980.

VAN SCHAIK, C. P.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 24, p. 353-377, 1993.

VARJABEDIAN, R.; PAGANO, S. N. Produção e decomposição de folheto em um trecho de mata atlântica de encosta no município de Guarujá, SP. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 243-256, 1988.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991.

VENEKLAAS, E. J. Nutrient fluxes in bulk precipitation and throughfall in two montane tropical rain forests, Colombia. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 78, p. 974-996, 1990.

VENEKLAAS, E. J. Litterfall and nutrient fluxes in two montane tropical rain forests, Colombia. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 7, p. 319-336, 1991.

VITOUSEK, P. M.; REINERS, W. A. Ecosystem succession and retention: a hypothesis. **BioScience**, Washington D. C., v. 25, n. 6, 1975.

VITOUSEK, P. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **The American Naturalist**, Chicago, v. 119, p. 553-572, 1982.

VITOUSEK, P. M. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. **Ecology**, Durham, v. 65, n. 1, p. 285-298, 1984.

VITOUSEK, P. M.; SANFORD JR., R. L. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 17, p. 137-167, 1986.

VITOUSEK, P. M.; GERRISH, G.; TURNER, D. R.; WALKER, L. W.; MUELLER-DOMBOIS, D. Litterfall and nutrient cycling in four Hawaiian montane rain forests. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 11, p. 189-203, 1995.

VOGT, K. A.; GRIER, C. C.; VOGT, D. J. Production, turnover, and nutrient dynamics of above- and belowground detritus of world forests. **Advances in Ecological Research**, London, v. 15, 1986.

VOGT, K. A.; VOGT, D. J.; ASBJORNSEN, H.; DAHLGREN, R. A. Roots, nutrients and their relationship to spatial patterns. **Plant and Soil**, The Hague, v. 168/169, n. 1, p. 113-123, 1995.

WALTER, H. **Vegetação e zonas climáticas**. São Paulo: E. P. U., 1986.

WHITMORE, T. C. **An introduction to tropical rain forests**. Oxford: Clarendon, 1990.

WIEDER, R. K.; LANG, G. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. **Ecology**, Durham, v. 62, n. 6, 1982.

WISNIEWSKI, C. (Coord.) **Caracterização do ecossistema e estudo das relações solo – cobertura vegetal em planície pleistocênica do litoral paranaense**. Projeto Integrado – CNPq. Curitiba, UFPR, 1997. Projeto em andamento.

XULUC-TALOSA, F. J.; VESTER, H. F. M.; RAMÍREZ-MARCIAL, N.; CASTELLANOS-ALBORES, J.; LAWRENCE, D. Leaf litter decomposition of tree species in three successional phases of tropical dry secondary forest in Campeche, Mexico. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 174, p. 401-412, 2003.

ANEXOS

ANEXO 1 - PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA (EM mm) NA ÁREA DE ESTUDO NA RNSM, NO MUNICÍPIO DE GUARAQUEÇABA PR E AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS CEDIDAS PELO INSTITUTO TECNOLÓGICO SIMEPAR DURANTE O PERÍODO ENTRE 23/09/2001 E 21/09/2003, DADOS DA ESTAÇÃO DO IAPAR, EM GUARAQUEÇABA: PRECIPITAÇÃO (EM mm), TEMPERATURAS DO AR MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA (EM °C), INSOLAÇÃO (EM HORAS/DIA) E UMIDADE RELATIVA DO AR (EM %)

	Início 23/09/01	Precip.**	Precip.	T(méd)	T(mín)	T(máx)	insolação	UR(med)
out	19/10/01	203,70	219,89	20,96	17,79	24,96	2,80	81,85
nov	16/11/01	85,00	128,36	21,50	17,29	26,86	4,41	80,50
dez	15/12/01	189,10	191,83	23,66	20,16	28,06	3,70	82,35
jan	12/01/02	138,30	252,54	24,42	20,56	29,71	4,67	79,57
fev	09/02/02	266,90	240,05	24,80	20,78	30,13	4,87	79,90
mar	09/03/02	383,40	572,15	24,63	20,36	30,58	5,27	80,65
abr	06/04/02	350,50	372,19	25,46	21,50	30,75	6,00	79,92
mai	03/05/02	77,60	156,92	23,30	20,02	28,45	4,60	84,39
jun	02/06/02	121,20	220,08	20,15	17,22	25,39	3,83	86,47
jul	29/06/02	35,60	47,19	18,45	15,32	23,88	4,01	87,50
ago	27/07/02	40,80	49,91	16,60	13,60	21,97	3,29	86,93
set	24/08/02	88,80	81,56	17,91	14,94	23,59	4,60	89,36
out*	21/09/02	131,70	148,16	17,89	14,90	22,86	3,46	87,31
out	20/10/02	63,6	65,73	21,44	17,26	27,85	5,14	85,20
nov	16/11/02	196,60	192,79	21,27	18,33	25,81	3,39	87,27
dez	15/12/02	199,80	296,63	24,70	21,33	30,52	3,84	85,15
jan	11/01/03	342,50	365,20	25,16	21,18	31,04	5,83	83,36
fev	08/02/03	230,30	400,10	24,57	21,53	29,87	4,03	88,23
mar	08/03/03	343,20	532,18	26,28	22,84	32,41	6,23	85,60
abr	06/04/03	202,50	221,78	23,38	20,11	28,86	4,78	86,99
mai	03/05/03	110,50	131,54	21,60	18,23	27,10	5,04	88,82
jun	02/06/03	23,80	45,70	18,24	13,70	25,69	6,66	85,60
jul	29/06/03	79,00	80,27	18,76	15,90	24,40	4,66	90,86
ago	27/07/03	133,00	186,47	17,39	14,01	23,29	4,08	89,56
set	24/08/03	40,50	45,97	16,71	12,56	23,52	4,90	86,77
out*	21/09/03	121,30	106,61	16,42	13,69	21,24	2,90	87,13

** Precipitação medida na área de estudo na RNSM

ANEXO 2 - ANÁLISE QUÍMICA E GRANULOMÉTRICA E ATRIBUTOS DIAGNÓSTICOS DO NEOSSOLO FLÚVICO TB DISTRÓFICO TÍPICO, A MODERADO, TEXTURA MÉDIA, HIPODISTRÓFICO, RASO, ÁCIDO, FLORESTA OMBRÓFILA DENSA ALUVIAL, RELEVO PLANO

Profund. cm	Horiz.	pH		K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al ³⁺	M.O.	P	Na	Areia	A.grossa	A.fina	Silte	Argila	Classe	Relação	
		CaCl ₂	H ₂ O																	cmol _e /dm ³
6-0	O																			
0-6	A1	4,9	5,5	0,3	3,22	1,72	4,94	0,38	5,76	45,23	9	11	70	49	21	12	18	Média	0,67	
6-19	A2	4,5	5	0,05	2,05	0,53	2,58	1,5	2,95	27	5,6	3	67	45	22	3	30	Média	0,1	
19-26	C1	4,6	5,1	0,04	1,18	0,42	1,6	1,34	4,28	6,29	0,3	3	88	67	21	8	4	Arenosa	2	
26-56	C2	4,5	5,1	0,03	0,96	0,8	1,76	1,61	4,96	18,02	1,9	3	54	16	38	28	18	Média	1,56	
56+	R																			

Horiz.	S	CTC	(T)CTC _{potencial}	V	SatAl	Caráter	Caráter	Na	SatNa ⁺	Caráter	CTC _{argila}	M.O.	C	M. O.		
															cmol _e /dm ³	cmol _e /dm ³
A1	5,29	5,67	11,05	47,86	Baixa	6,7	Não	Não	0,048	0,43	Não	61,38	Ta	4,52	2,63	9,2
A2	2,64	4,14	5,59	47,26	Baixa	36,21	Não	Não	0,013	0,23	Não	18,64	Tb	2,7	1,57	10,1
C1	1,65	2,99	5,93	27,86	Baixa	44,77	Não	Não	0,013	0,22	Não	148,33	Ta	0,63	0,366	8,2
C2	1,8	3,41	6,76	26,66	Baixa	47,17	Não	Não	0,013	0,19	Não	37,57	Ta	1,8	1,048	9,2

FONTE: GATTI *et al.* (2004)

ANEXO 3 - ANÁLISE QUÍMICA E GRANULOMÉTRICA E ATRIBUTOS DIAGNÓSTICOS DO NEOSSOLO FLÚVICO TB DISTRÓFICO GLEICO, A MODERADO, TEXTURA MÉDIA, ÁLICO, RASO, ÁCIDO, FLORESTA OMBRÓFILA DENSA ALUVIAL, RELEVO PLANO

Profund. cm	Horiz.	pH		K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al ³⁺	M.O.	P	Na	Areia	A.grossa	A.fina	Silte	Argila	Classe	Relação	
		CaCl ₂	H ₂ O																	cmol _e /dm ³
8-0	O																			
0-13	A	4	5,2	0,06	1	0,95	1,95	2,68	9,7	42,61	1,3	10	35	11	24	32	33	Média	0,97	
13-53	C	4,3	5,4	0,03	0,56	0,42	0,98	1,59	6,69	9,12	0,2	4	38	12	26	39	23	Média	1,70	
53-68	Cg	4,9	5,6	0,03	0,58	0,32	0,9	1,34	9,01	41,81	0,5	7	53	15	38	24	23	Média	1,04	

Horiz.	S	CTC	(T)CTC _{potencial}	V	SatAl	Caráter	Caráter	Na	SatNa ⁺	Caráter	CTC _{argila}	M.O.	C	M. O.		
															cmol _e /dm ³	cmol _e /dm ³
A	2,05	4,73	11,75	17,47	Baixa	56,62	Não	Sim	0,043	0,37	Não	35,62	Ta	4,261	2,477	10,211
C	1,03	2,62	7,72	13,31	Baixa	60,75	Não	Sim	0,017	0,23	Não	33,55	Ta	0,912	0,530	9,541
Cg	0,96	2,30	9,97	9,63	Baixa	58,25	Não	Sim	0,030	0,31	Não	43,35	Ta	4,181	2,431	9,541

FONTE: GATTI *et al.* (2004)

ANEXO 4 - ANÁLISE QUÍMICA E GRANULOMÉTRICA E ATRIBUTOS DIAGNÓSTICOS DO CAMBISSOLO HÍSTICO DISTRÓFICO TÍPICO, A MODERADO, TEXTURA MÉDIA, HIPODISTRÓFICO, ÁLICO, PROFUNDO, ÁCIDO, FLORESTA OMBRÓFILA DENSA ALUVIAL, RELEVO PLANO

Profund. cm	Horiz.	pH		K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al ³⁺	M.O.	P	Na	Areia	A.grossa	A.fina	Silte	Argila	Classe textural	Relação Silte/Argila	
		CaCl ₂	H ₂ O																	cmol _c /dm ³
4-0	O																			
0-17	A	4,4	5,2	0,08	1,15	0,83	1,98	2,94	9,01	55,35	1,7	7	21	4	17	33	46	Argilosa	0,72	
17-32	BA	4,4	5,5	0,02	0,64	0,43	1,07	4,66	6,21	13,06	0,1	8	36	9	27	27	37	Argilosa	0,73	
32+	B	4,5	5,4	0,02	1,1	0,48	1,58	2,64	6,69	6,9	0,2	6	44	14	30	23	33	Média	0,70	

Horiz.	S	CTC	(T)CTC _{potencial}	V	SatAl	Caráter Alumínico	Caráter Álico	Na	SatNa ⁺	Caráter Sódico	CTC _{argila}	M.O.	C	M. O.		
															cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³
A	2,09	5,03	11,10	18,83	Baixa	58,44	Não	Sim	0,030	0,27	Não	24,13	Tb	5,535	3,218	11,1
BA	1,12	5,78	7,33	15,33	Baixa	80,56	Sim	Sim	0,035	0,47	Não	19,82	Tb	1,306	0,759	10,5
B	1,63	4,27	8,32	19,55	Baixa	61,88	Não	Sim	0,026	0,31	Não	25,20	Tb	0,69	0,401	10,2

FONTE: GATTI *et al.* (2004)

ANEXO 5 - DADOS REFERENTES À ESTRUTURA ARBÓREA DAS PARCELAS PERTENCENTES A CADA FISIONOMIA DE CAPOEIRA; PERÍMETRO À ALTURA DO PEITO (PAP) > 10 cm

Parcela	Fisionomia 1		Parcela	Fisionomia 2	
	Densidade indivíduos/ha	Área basal m ² /ha		Densidade indivíduos/ha	Área basal m ² /ha
P06	3700	21,5	P05	900	4,3
P21	1900	11,9	P01	900	5,5
P22	2500	13,9	P07	600	6,3
P31	2300	10,9	P08	1300	6,8
P20	2600	13,8	P18	2000	9,2
P15	2700	16,5	P30	1200	7,7
P25	1600	10,6	P11	1500	12,7
P27	3900	64,6	P09	600	3,0
P34	3500	22,0	P03	1600	3,7
P02	3500	36,8	P35	700	8,3
MÉDIA	2820	22,2	MÉDIA	1130	6,74

NOTA: dados cedidos pelo "Projeto Sucessão"

ANEXO 6 - DEPOSIÇÃO DE CADA FRAÇÃO DE SERAPILHEIRA AO LONGO DOS MESES DO ANO I, NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA, EM kg/ha

Fisionomia de capoeira	Mais desenvolvida													TOT
	Época de coleta dos dados													
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT*	
Fração	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT*	TOT
Ramos	234,5	30,8	72,0	70,6	232,7	212,3	73,9	38,4	120,7	50,8	91,4	67,8	160,7	1456,4
Órg. de reprod.	22,2	21,0	58,9	19,6	11,1	39,1	17,2	14,8	13,9	7,8	13,9	8,3	12,1	260,1
Miscelânea	15,2	19,6	30,9	23,0	36,1	37,6	56,7	11,7	23,9	6,4	11,1	10,8	25,6	308,7
F. de outras spp.	122,4	85,9	108,6	101,1	230,3	177,2	129,4	139,8	150,2	144,6	176,3	267,7	233,5	2066,9
<i>M. coriacea</i>	74,9	85,8	91,1	58,7	50,4	30,0	20,1	22,9	21,4	24,1	27,0	61,0	53,1	620,3
<i>A. glandulosa</i>	37,8	50,6	38,1	2,9	4,6	10,1	9,2	11,0	2,4	3,2	6,1	10,1	10,1	196,0
<i>P. guajava</i>	81,9	28,5	11,0	10,7	18,1	4,0	15,6	10,6	7,8	7,3	8,9	37,2	53,0	294,7
<i>S. multijuga</i>	28,9	48,1	50,2	49,2	53,5	58,5	20,7	18,1	26,8	45,7	43,0	32,7	3,7	479,1
<i>C. pachystachya</i>	97,4	24,0	28,3	19,0	25,4	13,2	49,6	7,5	27,1	29,4	10,6	29,3	6,4	367,2
<i>T. pulchra</i>	40,0	30,1	31,8	25,7	26,6	18,0	13,0	29,0	21,1	20,6	27,7	25,4	25,0	334,1
Total / 6 espécies	360,9	267,2	250,5	166,2	178,6	133,8	128,2	99,0	106,5	130,3	123,3	195,7	151,2	2291,3
Folhas (Total)	483,3	353,1	359,1	267,3	408,9	311,0	257,6	238,8	256,7	274,8	299,6	463,4	384,7	4358,2
TOTAL	755,1	424,5	520,9	380,5	688,9	599,9	405,4	303,8	415,2	339,9	416,0	550,3	583,1	6383,4

ANEXO 7 - DEPOSIÇÃO DE CADA FRAÇÃO DE SERAPILHEIRA AO LONGO DOS MESES DO ANO I, NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MENOS DESENVOLVIDA, EM kg/ha

Fisionomia de capoeira	Menos desenvolvida													TOT
	Época de coleta dos dados													
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT*	
Fração	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT*	TOT
Ramos	11,7	3,1	6,9	37,8	76,4	23,7	16,1	36,8	9,5	54,4	15,7	12,6	9,9	314,4
Órg. de reprod.	5,9	8,4	16,9	15,9	10,1	10,6	12,8	9,7	13,4	2,2	3,7	2,8	3,3	115,8
Miscelânea	4,5	2,4	6,2	9,2	10,2	11,4	10,5	2,9	4,3	3,3	4,0	2,1	4,0	75,1
F. de outras spp.	28,9	26,9	30,9	18,2	33,4	28,0	29,1	46,9	25,1	28,5	39,9	71,0	48,4	455,3
<i>M. coriacea</i>	29,0	28,5	33,8	27,2	18,0	13,3	8,6	8,9	11,8	8,8	11,1	19,3	21,6	239,9
<i>A. glandulosa</i>	0,3	1,7	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3	3,3
<i>P. guajava</i>	17,6	12,0	2,0	1,2	1,6	0,7	0,8	0,6	0,7	0,0	1,9	5,4	12,3	56,8
<i>S. multijuga</i>	5,1	9,2	11,9	11,8	15,5	16,9	8,7	5,2	9,8	20,9	28,3	15,6	2,0	160,8
<i>C. pachystachya</i>	106,1	60,5	129,3	96,1	86,8	55,4	25,8	15,9	31,5	28,4	14,1	41,3	76,7	768,1
<i>T. pulchra</i>	73,4	46,5	46,6	30,4	38,2	25,2	16,4	15,9	20,8	33,4	43,4	34,5	58,9	483,3
Total / 6 espécies	231,6	158,5	223,6	166,7	160,8	111,4	60,2	46,6	74,6	91,4	98,9	116,1	171,8	1712,2
Folhas (Total)	260,4	185,4	254,5	185,0	194,2	139,5	89,3	93,5	99,7	119,9	138,8	187,1	220,3	2167,5
TOTAL	282,5	199,4	284,5	248,0	290,9	185,2	128,6	142,8	126,9	179,8	162,2	204,6	237,4	2672,9

ANEXO 8 - DEPOSIÇÃO DE CADA FRAÇÃO DE SERAPILHEIRA AO LONGO DOS MESES DO ANO II, NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MAIS DESENVOLVIDA EM, kg/ha

Fisionomia de capoeira	Mais desenvolvida													TOT
	Época de coleta dos dados													
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT*	
Fração	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT*	TOT
Ramos	37,5	152,2	429,7	189,7	95,8	59,0	54,7	36,5	180,0	30,4	22,4	24,2	21,1	1333,2
Órg. de reprod.	23,1	28,7	39,1	23,5	23,3	26,6	12,9	4,1	43,4	28,7	10,6	15,0	30,5	309,3
Miscelânea	12,9	13,0	72,4	51,8	12,4	51,4	35,8	30,8	17,1	8,1	25,2	6,4	6,1	343,5
F. de outras spp.	148,0	111,5	123,1	81,1	141,3	93,7	65,8	127,2	73,0	46,0	73,6	77,6	85,6	1247,4
<i>M. coriacea</i>	100,0	65,1	95,6	89,4	51,8	35,4	32,0	34,3	31,6	35,0	20,3	37,0	67,5	695,0
<i>A. glandulosa</i>	52,4	45,3	32,2	17,6	6,0	8,5	13,5	21,1	32,0	26,6	12,0	12,9	12,3	292,5
<i>P. guajava</i>	107,0	13,2	18,2	12,5	3,9	12,9	10,1	25,8	16,5	22,5	16,1	37,5	45,9	342,0
<i>S. multijuga</i>	9,4	15,4	29,6	43,6	35,6	43,2	23,6	19,8	32,2	40,4	13,8	19,8	10,9	337,3
<i>C. pachystachya</i>	41,8	28,4	99,0	38,8	45,9	20,3	4,1	24,7	45,2	13,0	25,9	5,0	15,1	407,2
<i>T. pulchra</i>	40,4	40,2	36,8	61,0	37,3	36,4	18,9	30,3	24,2	27,3	12,8	28,8	27,0	421,3
<i>C. myrianthum</i>	12,9	0,2	24,1	34,0	14,8	41,9	61,8	29,0	59,4	92,8	47,7	118,4	79,3	616,1
Total / 7 espécies	363,9	207,8	335,5	297,0	195,4	198,5	163,9	185,0	241,1	257,4	148,5	259,4	257,9	3111,3
Folhas (Total)	511,8	319,3	458,5	378,1	336,7	292,3	229,7	312,3	314,1	303,4	222,1	336,9	343,5	4358,7
TOTAL	585,3	513,2	999,8	643,1	468,2	429,3	333,0	383,6	554,6	370,6	280,3	382,5	401,2	6344,7

ANEXO 9 - DEPOSIÇÃO DE CADA FRAÇÃO DE SERAPILHEIRA AO LONGO DOS MESES DO ANO II, NA FISIONOMIA DE CAPOEIRA MENOS DESENVOLVIDA, EM kg/ha

Fisionomia de capoeira	Menos desenvolvida													TOT
	Época de coleta dos dados													
	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT*	
Fração	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT*	TOT
Ramos	10,4	22,0	98,8	41,8	28,5	17,7	4,4	4,1	95,7	20,2	5,1	3,1	4,1	355,8
Órg. de reprod.	9,4	17,8	31,6	17,0	9,6	29,6	81,2	20,5	18,2	8,7	2,2	3,2	3,8	252,9
Miscelânea	4,5	6,9	8,9	16,2	4,0	19,2	13,3	16,8	5,5	2,7	8,4	1,9	2,7	110,9
F. de outras spp.	27,6	31,7	17,3	19,9	22,8	21,1	5,8	15,9	19,9	9,6	15,7	20,0	24,5	251,7
<i>M. coriacea</i>	44,4	26,7	53,9	42,4	26,5	18,2	17,1	17,5	16,2	11,0	14,0	18,4	29,6	335,8
<i>A. glandulosa</i>	1,1	2,4	4,6	0,8	0,1	2,2	0,4	0,0	1,2	0,8	0,5	1,3	0,4	15,7
<i>P. guajava</i>	35,4	1,3	7,2	0,8	0,9	2,3	0,2	2,7	3,5	2,6	7,1	13,8	17,5	95,1
<i>S. multijuga</i>	4,8	6,4	10,9	18,0	23,3	13,7	12,9	7,7	15,1	16,2	14,9	10,2	3,9	158,1
<i>C. pachystachya</i>	82,5	180,9	109,1	95,0	94,2	57,2	45,9	55,3	49,0	20,9	31,0	60,9	37,4	919,2
<i>T. pulchra</i>	88,5	60,4	84,5	68,4	37,2	48,1	27,1	35,3	35,9	39,9	33,6	48,7	42,5	650,0
<i>C. myrianthum</i>	0,0	0,0	19,5	4,9	4,5	9,9	14,3	16,5	23,5	33,2	18,9	36,9	21,6	203,6
Total / 7 espécies	256,6	278,1	289,5	230,3	186,7	151,5	117,8	135,0	144,4	124,7	120,0	190,1	152,9	2377,5
Folhas (Total)	284,2	309,8	306,8	250,2	209,4	172,5	123,7	150,9	164,2	134,3	135,7	210,2	177,5	2629,2
TOTAL	308,4	356,4	446,2	325,2	251,5	239,1	222,5	192,3	283,6	165,8	151,4	218,3	188,1	3348,8

ANEXO 11 - VALORES DOS COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN (r_s) E SUAS PROBABILIDADES DE ERRO CORRESPONDENTES ÀS CÉLULAS PINTADAS DOS QUADROS DO ANEXO 10

	r_s	$p <$		r_s	$p <$		r_s	$p <$		r_s	$p <$		r_s	$p <$
1	0,683	0,0006	36	0,513	0,01	71	0,543	0,007	106	0,478	0,02	141	-0,515	0,01
2	0,841	0,000	37	0,809	0,0001	72	0,461	0,03	107	-0,520	0,01	142	-0,504	0,02
3	0,861	0,000	38	0,792	0,0001	73	0,627	0,002	108	-0,552	0,008	143	0,448	0,02
4	0,846	0,000	39	0,760	0,0001	74	-0,465	0,02	109	-0,502	0,01	144	0,515	0,01
5	0,677	0,0007	40	0,811	0,0001	75	-0,452	0,03	110	-0,545	0,007	145	0,472	0,02
6	-0,694	0,0005	41	0,538	0,007	76	-0,444	0,03	111	0,597	0,003	146	0,415	0,04
7	-0,719	0,0003	42	-0,661	0,0009	77	0,636	0,002	112	0,516	0,01	147	0,434	0,03
8	-0,825	0,000	43	-0,793	0,0001	78	0,496	0,02	113	0,596	0,003	148	-0,441	0,03
9	-0,810	0,0001	44	-0,800	0,0001	79	-0,520	0,009	114	0,565	0,005	149	-0,554	0,006
10	-0,797	0,0001	45	-0,797	0,0001	80	-0,555	0,006	115	0,618	0,002	150	-0,666	0,0009
11	-0,555	0,006	46	-0,520	0,009	81	-0,489	0,02	116	0,498	0,02	151	-0,648	0,002
12	0,621	0,002	47	0,611	0,003	82	0,628	0,002	117	-0,566	0,005	152	-0,643	0,002
13	0,790	0,0001	48	0,700	0,0005	83	0,678	0,007	118	-0,612	0,003	153	-0,655	0,002
14	0,825	0,000	49	0,741	0,0002	84	0,701	0,0005	119	-0,619	0,002	154	0,613	0,003
15	0,848	0,000	50	0,696	0,0005	85	0,677	0,0007	120	-0,638	0,002	155	0,736	0,0002
16	0,804	0,0001	51	0,665	0,0009	86	0,571	0,005	121	-0,403	0,05	156	0,736	0,0002
17	0,529	0,008	52	-0,576	0,004	87	-0,628	0,002	122	0,539	0,007	157	0,736	0,0002
18	-0,470	0,02	53	-0,628	0,002	88	-0,684	0,0005	123	0,551	0,006	158	0,555	0,006
19	-0,832	0,000	54	-0,709	0,0004	89	-0,694	0,0005	124	0,513	0,01	159	-0,421	0,04
20	-0,894	0,000	55	-0,659	0,002	90	-0,630	0,002	125	0,470	0,02	160	-0,655	0,001
21	-0,881	0,000	56	-0,665	0,0009	91	0,567	0,005	126	-0,472	0,02	161	-0,714	0,0004
22	-0,880	0,000	57	-0,430	0,04	92	0,628	0,002	127	0,413	0,04	162	-0,703	0,0004
23	-0,402	0,05	58	0,733	0,0002	93	0,522	0,009	128	0,397	0,05	163	-0,714	0,0004
24	0,442	0,03	59	0,567	0,005	94	0,509	0,02	129	-0,489	0,02	164	-0,530	0,008
25	0,560	0,005	60	0,648	0,002	95	0,542	0,007	130	-0,431	0,04	165	0,507	0,02
26	0,721	0,0003	61	0,660	0,001	96	-0,476	0,02	131	-0,440	0,03	166	0,643	0,002
27	0,708	0,0004	62	0,651	0,001	97	-0,577	0,004	132	0,426	0,04	167	0,663	0,001
28	0,708	0,0004	63	0,543	0,007	98	-0,602	0,003	133	0,513	0,02	168	0,632	0,002
29	0,676	0,0007	64	-0,688	0,0006	99	-0,611	0,003	134	0,509	0,02	169	0,702	0,0005
30	-0,746	0,0002	65	-0,767	0,0001	100	-0,575	0,004	135	0,493	0,02	170	0,559	0,005
31	-0,579	0,004	66	-0,762	0,0001	101	0,505	0,02	136	-0,523	0,009			
32	-0,747	0,0002	67	-0,746	0,0002	102	0,470	0,02	137	0,507	0,02			
33	-0,767	0,0001	68	-0,461	0,03	103	0,545	0,007	138	-0,474	0,02			
34	-0,731	0,0003	69	0,424	0,04	104	0,556	0,006	139	-0,520	0,01			
35	-0,544	0,007	70	0,489	0,02	105	0,518	0,006	140	-0,546	0,006			

ANEXO 12 - TEORES MÉDIOS DE MACRONUTRIENTES DA SERAPILHEIRA TOTAL AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO; n = N° DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO

Em (g/kg)		n	N		P		K		Ca		Mg	
			Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP		
ANO I	Primavera	20	15,3 ± 1,2	0,9 ± 0,0	4,3 ± 0,2	13,9 ± 0,6	1,7 ± 0,1					
	Verão	20	11,6 ± 0,6	0,7 ± 0,0	4,4 ± 0,3	15,9 ± 0,6	2,2 ± 0,1					
	Outono	4	13,0 ± 1,4	0,7 ± 0,1	3,5 ± 0,3	14,2 ± 0,5	2,1 ± 0,1					
	Inverno	4	12,6 ± 1,3	0,7 ± 0,1	4,1 ± 0,6	15,0 ± 0,9	2,3 ± 0,1					
ANO II	Primavera	4	14,7 ± 1,6	1,0 ± 0,1	3,9 ± 0,3	13,4 ± 0,8	2,4 ± 0,2					
	Verão	4	9,6 ± 1,6	0,9 ± 0,0	3,8 ± 0,3	13,9 ± 0,6	2,9 ± 0,2					
	Outono	4	13,0 ± 1,2	1,0 ± 0,1	4,1 ± 0,4	14,1 ± 0,8	3,2 ± 0,3					
	Inverno	4	14,2 ± 0,8	1,1 ± 0,1	4,9 ± 0,3	14,0 ± 0,6	3,2 ± 0,1					

ANEXO 13 - TEORES MÉDIOS DE MICRONUTRIENTES E DE ALUMÍNIO DA SERAPILHEIRA TOTAL AO LONGO DAS ESTAÇÕES DO ANO; n = N° DE AMOSTRAS; EP = ERRO PADRÃO

Em (mg/kg)		n	Fe		Mn		Cu		Zn		Al	
			Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP	Média ± EP		
ANO I	Primavera	20	140,1 ± 4,6	259,5 ± 25,4	11,8 ± 0,8	22,2 ± 1,4	2201,9 ± 699,7					
	Verão	20	161,3 ± 19,1	221,9 ± 19,6	11,0 ± 0,6	18,7 ± 1,0	2491,9 ± 677,8					
	Outono	4	131,8 ± 4,6	262,5 ± 26,9	10,0 ± 1,1	23,2 ± 2,7	3603,0 ± 769,5					
	Inverno	4	163,4 ± 15,8	224,1 ± 25,1	16,5 ± 2,7	24,0 ± 2,6	2378,9 ± 424,3					
ANO II	Primavera	4	152,1 ± 14,8	310,4 ± 32,1	10,9 ± 0,6	23,5 ± 4,1	2312,5 ± 639,1					
	Verão	4	126,2 ± 3,6	304,2 ± 23,0	10,2 ± 1,3	21,2 ± 2,1	2573,6 ± 406,9					
	Outono	4	108,2 ± 8,3	241,2 ± 33,9	12,0 ± 0,5	20,1 ± 1,9	2199,0 ± 815,8					
	Inverno	4	136,1 ± 9,1	265,3 ± 28,6	12,1 ± 0,7	23,7 ± 2,6	2180,3 ± 380,2					

ANEXO 14 - ANÁLISES QUÍMICAS EFETUADAS NAS AMOSTRAS DE SERAPILHEIRA; TEORES DE MACRONUTRIENTES; MICRONUTRIENTES E DE ALUMÍNIO (EM mg/kg)

Código/Amostras	g/kg					mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Al
S1	6,05	0,28	2,59	9,80	1,50	112,0	195,0	12,0	32,0	220,0
S2	13,58	1,35	4,47	6,96	1,59	169,0	87,5	11,9	18,9	566,6
S3	38,63	1,78	4,47	12,44	1,99	179,1	225,9	13,9	38,8	2567,2
S4	13,61	1,10	4,69	15,55	2,79	149,6	382,9	16,9	44,9	1894,3
S5	14,73	0,70	4,42	9,55	1,69	150,2	109,5	7,0	21,9	338,3
S6	31,40	0,87	4,10	19,48	1,90	132,9	409,6	13,0	26,0	299,7
S7	12,77	0,92	5,99	14,94	2,89	268,9	356,6	22,9	33,9	348,6
S8	21,16	0,63	2,38	19,20	0,80	192,0	42,0	10,0	14,0	15350,0
S9	23,94	1,04	4,06	9,55	1,29	127,4	198,0	14,9	17,9	248,8
S10	17,39	0,65	5,72	15,25	1,99	121,6	228,3	10,0	15,0	199,4
S11	9,41	0,72	5,00	17,95	2,89	119,6	173,5	10,0	18,9	209,4
S12	16,90	1,20	4,69	14,13	1,89	130,3	320,4	22,9	32,8	885,6
S13	7,84	0,77	4,63	12,66	1,99	163,5	270,2	13,0	12,0	458,6
S14	9,13	0,67	3,82	13,05	2,39	107,6	265,9	7,0	17,9	1543,8

S15	16,45	0,86	4,70	11,60	1,30	130,0	335,0	9,0	21,0	760,0
S16	8,67	0,83	3,96	15,28	1,70	114,9	264,7	13,0	25,0	1908,1
S17	11,60	0,70	4,04	11,75	1,69	174,3	162,4	9,0	14,9	866,5
S18	12,25	0,71	2,87	8,88	1,10	129,7	274,5	12,0	27,9	988,0
S19	18,50	0,63	4,02	10,29	1,00	137,9	110,9	10,0	20,0	3206,8
S20	13,20	0,52	2,45	20,20	1,00	145,0	89,0	11,0	18,0	13900,0
S21	11,27	0,76	3,57	15,98	1,40	157,8	213,8	12,0	18,0	5414,6
S22	16,52	0,92	4,85	13,39	2,30	141,9	600,4	16,0	33,0	809,2
S23	19,11	1,29	5,80	15,72	1,79	119,4	183,1	14,9	27,9	756,2
S24	24,21	1,12	4,75	14,99	2,00	139,9	211,8	15,0	29,0	329,7
S25	15,57	1,03	3,75	14,50	1,60	142,0	229,0	12,0	22,0	3100,0
S26	16,32	1,05	4,76	16,37	1,30	157,7	397,2	11,0	26,9	269,5
S27	17,40	0,80	5,68	13,27	1,70	189,6	197,6	6,0	15,0	1596,8
S28	12,72	0,71	5,10	12,96	1,69	145,6	375,9	10,0	19,9	1405,8
S29	27,33	0,94	4,67	15,20	1,70	118,0	299,0	12,0	28,0	640,0
S30	21,47	0,81	2,81	9,26	1,10	137,5	216,1	10,0	14,9	4990,0
S31	6,93	0,20	2,05	9,58	1,40	124,8	348,3	13,0	40,9	618,8
S32	15,90	1,42	8,23	4,89	1,99	129,6	103,7	13,0	21,9	697,9
S33	19,86	1,69	4,05	10,17	2,19	932,2	208,4	15,0	32,9	3838,5
S34	16,10	1,07	4,36	13,30	3,00	299,0	215,0	18,0	32,0	2310,0
S35	10,65	1,01	4,81	9,00	1,80	260,0	214,0	14,0	27,0	750,0
S36	17,47	0,69	4,05	7,19	1,50	241,8	91,9	11,0	16,0	249,8
S37	15,65	0,97	7,73	11,18	2,59	189,6	180,6	12,0	25,0	229,5
S38	13,61	0,72	2,95	8,88	1,70	159,7	170,7	11,0	19,0	279,4
S39	11,87	0,55	2,43	22,00	1,40	172,0	55,0	8,0	15,0	15150,0
S40	9,82	0,50	7,52	15,45	2,49	129,6	274,2	8,0	13,0	149,6
S41	8,30	0,45	4,32	16,37	2,10	156,7	167,7	7,0	15,0	219,6
S42	15,49	0,97	3,63	16,75	2,49	494,5	207,4	10,0	21,9	1615,2
S43	8,30	0,52	6,55	16,00	2,20	175,0	202,0	10,0	14,0	700,0
S44	10,55	0,59	4,58	14,79	2,50	178,8	350,6	9,0	18,0	2077,9
S45	13,22	0,76	2,92	15,00	1,90	202,0	278,0	13,0	22,0	890,0
S46	8,92	0,64	5,45	18,48	2,60	178,8	221,8	12,0	20,0	2207,8
S47	9,65	0,59	6,02	13,96	2,09	122,6	203,4	12,0	16,9	897,3
S48	10,02	0,55	2,07	17,76	1,60	149,7	217,6	8,0	20,0	3882,2
S49	11,85	0,59	3,81	13,09	1,50	107,9	113,9	7,0	13,0	3416,6
S50	12,30	0,64	3,17	22,00	1,90	104,0	102,0	7,0	16,0	11350,0
S51	10,77	0,56	2,80	19,64	1,79	103,7	130,6	8,0	15,0	9870,4
S52	11,22	0,75	3,75	12,76	1,89	113,7	228,3	13,0	21,9	1515,5
S53	16,73	0,98	5,38	15,98	2,60	109,9	124,9	15,0	28,0	449,6
S54	14,56	0,97	4,86	14,57	2,79	104,8	198,6	14,0	25,0	179,6
S55	16,14	0,97	3,67	15,08	2,50	118,9	195,8	15,0	22,0	2497,5
S56	13,83	0,87	4,06	17,45	2,49	163,5	157,5	14,0	23,9	418,7
S57	10,04	0,60	8,15	16,18	2,50	209,8	206,8	14,0	15,0	539,5
S58	9,61	0,59	5,09	12,96	2,09	157,5	397,8	12,0	14,0	3748,8
S59	11,20	0,72	3,19	16,85	2,19	142,6	361,9	10,0	19,9	478,6
S60	9,88	0,54	5,01	11,38	2,10	130,7	371,3	10,0	12,0	2884,2
S61	5,99	0,21	1,69	8,79	1,80	122,9	374,6	9,0	40,0	1019,0
S62	17,58	1,37	7,26	6,90	2,00	128,0	136,0	12,0	22,0	1119,9
S63	21,81	1,49	3,73	14,20	2,20	263,0	259,0	16,0	52,0	3049,7
S64	15,83	0,75	3,56	15,29	2,50	99,0	447,8	13,0	24,0	1949,0
S65	12,33	0,63	3,97	9,19	1,60	115,9	96,9	7,0	16,0	689,6
S66	12,34	0,77	3,67	14,68	1,90	123,9	374,6	12,0	23,0	739,1
S67	14,86	0,84	5,41	13,45	2,29	80,7	200,2	18,9	22,9	727,2
S68	15,86	0,84	3,33	19,00	2,00	138,0	225,0	8,0	19,0	689,9
S69	11,42	0,61	3,51	15,10	2,50	99,0	319,9	4,0	17,0	829,8
S70	11,16	0,50	2,69	18,10	1,40	109,0	69,0	7,0	12,0	14748,5
S71	15,87	0,86	4,13	14,26	2,29	135,6	279,2	13,0	29,9	1375,9
S72	14,74	0,79	3,62	15,45	2,39	141,6	317,0	10,0	24,9	3978,1
S73	10,03	0,52	2,88	13,29	1,80	119,9	188,9	9,0	18,0	4147,9

S74	11,34	0,63	3,24	13,70	2,10	130,0	265,0	8,0	20,0	4910,0
S75	8,74	0,32	2,48	9,08	1,70	85,8	228,4	17,0	31,9	718,1
S76	14,41	2,39	8,00	9,08	1,70	77,8	154,6	13,0	26,9	1027,5
S77	26,30	2,20	4,56	15,48	2,20	309,5	330,5	20,0	41,9	2346,5
S78	14,96	0,89	3,99	17,59	2,50	204,9	263,9	13,0	32,0	1019,7
S79	12,70	0,64	4,57	9,27	1,49	150,4	98,6	7,0	14,9	687,5
S80	18,27	0,88	3,71	15,40	1,80	122,0	559,9	7,0	22,0	629,9
S81	14,66	1,00	6,75	11,48	2,20	110,8	240,6	20,0	18,0	838,5
S82	15,95	0,95	3,23	14,00	1,90	142,0	240,0	10,0	20,0	710,0
S83	11,33	0,78	7,44	13,98	2,30	149,8	236,6	6,0	12,0	539,1
S84	10,10	0,48	2,01	15,69	1,40	112,0	68,0	5,0	11,0	14194,3
S85	15,74	0,89	5,68	14,58	2,30	167,8	290,7	18,0	28,0	1368,4
S86	13,47	0,78	3,53	17,10	2,40	134,0	189,0	9,0	29,0	2009,6
S87	10,03	0,65	2,97	15,29	2,30	205,9	181,9	22,0	20,0	3228,4
S88	11,26	0,67	4,07	12,90	2,10	146,0	235,0	17,0	19,0	2909,4
S20*	-	0,63	2,49	15,59	1,59	117,0	101,0	9,0	18,0	12395,0
943	7,08	0,35	1,97	6,97	1,19	61,7	183,1	17,9	40,8	437,8
944	18,20	1,76	7,79	7,47	2,99	104,6	197,3	19,9	32,9	1026,1
945	26,34	1,69	4,35	14,80	2,57	209,2	266,5	22,7	33,6	3928,1
946	21,34	1,36	4,30	13,52	3,08	170,0	467,2	23,9	44,7	1352,0
947	16,06	0,76	3,62	8,39	1,58	154,0	137,3	13,8	21,7	395,0
948	18,26	0,89	2,84	15,35	1,79	168,4	651,7	8,0	24,9	358,7
949	17,58	1,11	4,71	12,64	3,65	131,4	469,2	16,8	30,6	493,9
950	21,07	1,20	3,55	10,26	2,39	147,5	242,1	11,0	21,9	458,3
951	10,60	0,75	4,17	14,37	2,89	130,8	307,4	7,0	22,0	369,3
952	13,77	0,74	2,48	14,96	1,50	121,6	68,8	8,0	11,0	13210,4
953	16,48	1,04	2,51	13,74	2,79	165,3	378,3	12,9	25,9	766,6
954	18,81	1,10	3,92	14,82	2,39	194,9	372,9	11,9	34,8	1521,3
955	15,44	1,07	4,58	14,28	2,82	140,8	223,4	9,7	22,3	1359,8
956	13,10	0,94	3,75	13,07	2,49	145,7	339,3	12,0	22,0	2165,2
957	11,54	0,74	3,38	11,32	1,99	127,1	305,9	9,9	14,9	4141,8
958	9,33	0,46	2,34	7,80	1,50	65,0	229,9	18,0	30,0	549,8
959	25,27	1,98	4,91	7,08	2,56	83,6	169,2	16,7	18,7	1141,4
960	19,39	1,79	3,38	13,27	2,75	210,4	259,6	18,7	34,4	3136,7
961	17,70	1,10	3,80	16,28	3,67	135,0	466,5	14,9	33,7	1627,8
962	12,11	0,71	3,03	8,36	1,67	123,9	132,8	9,8	15,7	363,9
963	24,65	1,46	4,38	12,37	2,45	116,8	334,7	14,7	25,5	323,9
964	10,86	1,21	4,92	12,05	3,46	74,1	238,0	17,8	34,6	286,4
965	17,09	0,95	2,89	10,45	2,49	120,5	246,9	11,0	16,9	338,5
966	12,11	0,94	4,82	12,29	2,70	107,9	259,9	9,0	17,0	269,9
967	12,09	0,74	2,20	16,66	1,40	129,7	72,8	11,0	11,0	14516,6
968	13,05	1,09	3,26	13,69	3,45	120,2	93,6	19,7	21,7	275,8
969	4,86	0,90	3,91	12,77	2,79	127,7	311,2	14,0	25,9	1924,8
970	10,66	1,01	4,36	15,54	3,37	132,6	347,5	9,9	22,8	1851,1
971	11,82	0,86	3,02	13,89	2,80	115,9	318,7	8,0	20,0	3486,5
972	11,01	0,77	3,74	13,56	2,59	128,7	239,4	9,0	16,0	3032,1
973	8,50	0,43	2,51	7,99	1,93	70,3	334,2	15,4	27,0	1049,9
974	18,81	2,19	6,83	7,36	2,26	93,3	147,3	15,7	20,6	608,8
975	23,43	1,68	4,21	13,88	3,54	187,0	309,0	5,9	38,4	1997,8
976	21,62	1,35	4,04	14,24	3,90	135,6	497,6	14,6	29,3	1736,6
977	21,93	0,90	4,40	8,70	1,98	108,7	120,6	10,9	18,8	435,0
978	22,94	1,30	4,75	16,56	3,89	118,7	351,2	17,0	44,9	848,0
979	17,93	1,23	5,33	13,42	3,58	104,4	186,9	12,9	23,9	258,5
980	18,58	0,94	3,70	13,26	2,99	119,6	277,2	10,0	20,9	368,9
981	11,29	0,86	4,68	13,33	3,38	81,6	200,9	7,0	12,9	129,3
982	12,62	0,87	3,22	16,77	1,87	123,3	83,9	5,9	14,8	12086,8
983	13,24	1,07	2,88	17,15	4,16	119,9	228,0	16,9	22,8	287,4
984	11,50	1,05	4,42	13,58	3,29	123,8	171,7	13,0	24,0	1647,4
985	16,49	1,08	4,40	14,92	3,63	107,0	284,6	12,8	22,6	1256,0

986	13,17	0,91	2,99	15,73	2,43	116,5	196,1	11,7	18,4	4631,1
987	-	0,85	4,41	12,03	3,49	85,4	312,5	10,7	15,5	1261,6
988	11,97	0,75	3,67	11,99	2,42	114,1	295,8	18,4	40,6	957,1
989	14,17	1,62	6,39	7,06	1,57	127,4	121,5	12,7	19,6	1244,5
990	25,23	2,03	4,89	16,95	3,39	215,9	337,0	17,4	38,7	2343,4
991	18,95	2,09	4,91	14,40	3,80	135,0	677,8	15,0	35,0	1719,5
992	14,69	0,88	5,15	8,65	1,49	130,3	88,5	10,9	17,9	268,5
993	21,64	1,31	4,32	17,46	2,63	133,7	513,2	16,6	30,2	604,9
994	16,97	1,20	6,95	11,87	3,49	119,7	263,3	21,9	23,9	329,2
995	18,13	1,09	3,65	12,76	2,18	152,3	452,1	8,9	30,7	435,3
996	10,37	0,73	5,55	13,78	3,44	100,4	245,1	4,9	12,8	216,5
997	12,84	1,19	2,89	16,95	1,67	105,4	72,9	10,8	12,8	12807,9
998	12,49	1,02	3,62	16,28	4,34	134,2	124,3	21,7	35,5	365,0
999	14,78	1,23	5,04	13,33	3,23	116,6	334,2	12,7	24,5	1362,5
1000	16,36	0,97	5,37	15,61	3,46	130,4	234,2	12,8	30,6	1719,2
1001	12,63	1,21	4,14	13,63	2,98	137,3	287,5	9,9	20,9	2686,0
1002	13,13	1,10	5,24	13,24	2,96	160,0	205,5	12,8	18,8	2953,4
964,2*	17,43	1,09	4,93	14,17	3,91	96,7	230,6	11,7	27,4	273,5

ANEXO 15 – ANÁLISES QUÍMICAS EFETUADAS NAS AMOSTRAS DO MATERIAL VEGETAL EM DECOMPOSIÇÃO; TEORES DE MACRONUTRIENTES (EM g/kg), MICRONUTRIENTES E DE ALUMÍNIO (EM mg/kg)

Código/Amostras	g/kg					mg/kg				
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Al
C792	11,72	0,87	4,79	15,17	3,33	143,9	185,0	6,9	15,7	518,8
C793	10,93	0,67	5,77	10,29	2,37	111,8	118,7	4,0	10,9	366,0
C794	16,41	1,08	4,94	11,69	2,97	121,9	161,5	7,9	13,9	1545,8
C795	16,73	1,16	3,73	14,57	3,39	155,6	169,6	6,0	12,0	2134,9
C796	18,41	0,93	4,23	10,61	2,43	129,4	141,1	2,9	12,6	1080,1
C797	16,63	1,28	3,96	14,24	3,16	179,0	184,9	9,9	15,8	4242,1
C798	21,46	1,35	2,96	15,46	3,27	142,7	178,4	11,9	17,8	1050,5
C799	15,79	1,08	2,23	13,22	3,25	155,8	195,3	7,9	16,8	976,4
C800	13,57	1,23	2,62	15,76	3,69	182,5	195,5	11,0	15,0	1157,1
C801	21,07	1,63	1,41	16,95	3,19	193,5	232,3	17,0	21,9	1206,6
C802	19,30	1,61	1,57	18,65	3,69	222,4	181,5	10,0	17,9	1017,2
C803	14,95	1,55	1,50	16,09	3,16	158,9	170,8	6,9	17,8	878,7
C804	16,50	1,67	1,29	18,37	3,52	432,9	234,5	7,8	21,5	3244,1
C805	11,27	1,63	1,22	21,15	3,18	403,2	221,4	10,9	23,8	1549,2
C806	16,47	1,62	0,96	17,29	2,67	330,1	202,6	7,9	21,7	2223,5
C807	20,56	1,63	1,43	27,69	3,18	3364,1	278,9	16,9	26,8	5378,6
C808	18,24	1,69	1,59	19,97	2,77	2204,2	321,2	14,8	28,7	4368,9
C809	19,71	1,56	1,40	18,25	3,27	846,1	317,4	12,9	24,8	2331,1
C810	17,64	1,84	1,86	17,86	2,49	2453,7	387,0	11,6	27,2	4965,6
C811	18,58	1,57	2,44	14,90	2,78	1363,1	298,1	11,9	21,9	5285,6
C812	19,16	1,73	1,87	18,22	3,80	4014,4	281,6	12,7	27,3	9792,5

ANEXO 16 – ANÁLISES QUÍMICAS EFETUADAS NAS AMOSTRAS DE ÁGUA DA CHUVA;
TEORES DE ELEMENTOS MINERAIS (EM µg/L)

AMOSTRA	Ca	Mg	K	Na
B1	0,08	0,01	0,44	4,99
B2	0,14	0,02	2,20	6,59
B3	0,17	0,03	1,19	5,78
B4	0,09	0,02	0,38	5,54
B5	0,33	0,12	4,48	7,53
B6	0,25	0,07	2,37	7,23
B7	0,15	0,02	0,44	5,66
B8	0,24	0,08	3,94	7,41
B9	0,39	0,10	2,15	6,64
B10	0,11	0,01	0,40	6,70
B11	0,11	0,02	1,96	8,40
B12	0,14	0,03	1,60	8,66
B13.1	0,07	0,15	0,26	3,90
B13.2	0,08	0,02	0,16	2,82
B14.1	0,21	0,09	1,50	5,50
B14.2	0,25	0,15	3,11	6,15
B14.3	0,14	0,06	1,45	5,70
B14.4	0,25	0,09	2,40	5,30
B14.5	0,27	0,10	2,65	7,70
B15.1	0,14	0,07	1,06	5,70
B15.2	0,11	0,06	1,27	5,94
B15.3	0,15	0,05	1,14	5,19
B15.4	0,35	0,18	2,58	6,08
B15.5	0,12	0,07	1,35	5,60
B16	0,03	0,01	0,10	2,50
B17	0,09	0,03	0,75	3,58
B18	0,06	0,01	0,28	3,10
B19	0,02	0,01	0,15	3,22
B20	0,07	0,03	1,10	4,44
B21	0,02	0,02	0,30	3,39
B22	0,05	0,01	0,21	4,48
B23	0,06	0,02	2,46	6,32
B24	0,05	0,02	1,16	6,40
B25	0,03	0,01	0,15	3,49
B26	0,07	0,03	1,18	5,20
B27	0,06	0,03	0,74	4,95
B28	0,05	0,02	0,36	6,09
B29	0,39	0,26	5,34	9,58
B30	0,17	0,14	3,09	8,80
B31	0,03	0,02	0,26	3,90
B32	0,45	0,32	5,38	6,35
B33	0,14	0,12	2,15	6,60
B34	0,29	0,02	0,16	2,16
B35	0,51	0,20	2,49	3,98
B36	0,31	0,04	1,32	3,92
B37	0,28	0,02	0,26	3,12
B38	0,45	0,12	2,81	4,07
B39	0,32	0,04	0,86	3,34
B40	0,30	0,03	0,47	3,60
B41	0,98	0,45	7,99	6,10
B42	0,56	0,27	4,02	5,52
B43	0,32	0,02	0,13	3,46
B44	0,32	0,12	3,09	4,42
B45	0,41	0,02	1,69	4,74
C1	0,15	0,07	0,17	1,90
C2	0,25	0,23	2,75	2,97

C3	0,25	0,27	1,96	3,15
C4	0,15	0,02	0,15	1,44
C5	0,18	0,14	1,96	2,16
C6	0,17	0,09	1,15	2,09
C7	0,14	0,03	0,24	1,62
C8	0,17	0,10	1,40	2,56
C9	0,17	0,08	0,74	2,38
C10	0,17	0,05	0,27	2,30
C11	0,18	0,11	1,36	2,29
C12	0,18	0,06	0,68	1,74
C13	0,18	0,08	0,20	2,71
C14	0,36	0,30	3,70	3,40
C15	0,20	0,23	1,32	3,26
C16	0,14	0,03	0,68	2,35
C17	0,34	0,32	3,04	3,08
C18	0,20	0,21	2,24	2,95
C19	0,14	0,09	0,65	2,63
C20	0,47	0,35	7,58	4,25
C21	0,24	0,25	3,04	3,71
C22	0,14	0,03	0,25	2,34
C23	0,56	0,35	4,12	3,49
C24	0,18	0,09	1,77	3,48
C25	0,18	0,02	0,28	2,63
C26	0,32	0,28	2,55	2,59
C27	0,24	0,20	1,60	3,02
C28	0,17	0,06	0,56	3,86
C29	0,57	0,35	5,53	4,50
C30	0,34	0,29	2,50	3,76
C31	0,14	0,05	0,38	2,92
C32	0,27	0,24	2,44	3,54
C33	0,23	0,25	1,82	3,28

ANEXO 17 – AMOSTRAS SUBMETIDAS À DECOMPOSIÇÃO (INÍCIO: 22/05/02)

AMOSTRA	PESO ÚMIDO(G)	PESO SECO (G)	DATA DE COLETA
D1	16,47	7,55	22/05/02
D2	15,24	8,19	22/05/02
D3	15,84	7,56	22/05/02
D4	11,00	6,90	22/05/02
D5	14,54	7,16	22/05/02
D6	14,36	7,51	22/05/02
D7	18,91	8,74	22/05/02
D8	15,20	7,99	22/05/02
D9	15,69	7,96	22/05/02
D10	15,44	7,56	22/05/02
D11	14,84	6,16	08/06/02
D12	27,16	11,17	08/06/02
D13	15,71	8,14	08/06/02
D14	11,64	5,38	08/06/02
D15	14,57	7,17	08/06/02
D16	23,33	8,96	08/06/02
D17	19,45	8,06	08/06/02
D18	20,51	8,25	08/06/02
D19	17,08	8,87	08/06/02
D20	15,14	6,45	22/06/02
D21	23,08	8,01	22/06/02
D22	14,41	6,72	22/06/02
D23	17,30	7,66	22/06/02
D24	17,65	7,33	22/06/02

D25	18,71	8,21	22/06/02
D26	14,34	5,75	22/06/02
D27	18,98	8,46	22/06/02
D28	22,54	6,47	22/06/02
D29	17,02	7,01	22/06/02
D30	22,08	4,02	24/08/02
D31	17,66	5,64	24/08/02
D32	15,00	3,97	24/08/02
D33	16,45	4,93	24/08/02
D34	13,37	5,51	24/08/02
D35	16,26	5,29	24/08/02
D36	20,13	7,84	24/08/02
D37	17,01	6,98	24/08/02
D38	21,42	7,26	24/08/02
D39	13,72	5,36	24/08/02
D40	18,17	5,69	22/11/02
D41	16,04	5,59	22/11/02
D42	14,79	4,95	22/11/02
D43	13,97	4,4	22/11/02
D44	14,34	5,39	22/11/02
D45	14,70	3,78	22/11/02
D46	18,46	6,11	22/11/02
D47	19,57	6,29	22/11/02
D48	16,26	5,06	22/11/02
D49	17,81	5,36	22/11/02
D50	19,45	4,95	22/02/03
D51	20,30	4,47	22/02/03
D52	19,82	5,44	22/02/03
D53	18,06	4,6	22/02/03
D54	16,13	2,91	22/02/03
D55	13,09	3,96	22/02/03
D56	13,48	4,41	22/02/03
D57	15,86	4,1	22/02/03
D58	18,09	5,63	22/02/03
D59	26,35	7,1	22/02/03
D60	17,61	1,91	18/05/03
D61	16,02	2,72	18/05/03
D62	11,62	3,87	18/05/03
D63	15,92	3,56	18/05/03
D64	23,14	4,53	18/05/03
D65	15,99	4,82	18/05/03
D66	18,51	4,73	18/05/03
D67	22,51	4,71	18/05/03
D68	17,48	4,27	18/05/03
D69	17,91	5,39	18/05/03
D70	17,94	8,5	08/06/02

ANEXO 18 – AMOSTRAS SUBMETIDAS À DECOMPOSIÇÃO (INÍCIO: 24/11/2002)

AMOSTRA	PESO ÚMIDO(G)	PESO SECO (G)	DATA DE COLETA
D1	23,42	12,67	24/11/2002
D2	25,93	12,53	24/11/2002
D3	24,69	11,22	24/11/2002
D4	25,14	13,18	24/11/2002
D5	21,04	11,82	24/11/2002
D6	26,12	12,3	24/11/2002
D7	25,81	13,56	24/11/2002
D8	25,84	14,38	24/11/2002
D9	22,27	11,15	24/11/2002
D10	24,24	10,54	24/11/2002
D11	23,25	9,03	14/12/2002
D12	20,30	9,54	14/12/2002
D13	24,23	10,55	14/12/2002
D14	25,98	11,35	14/12/2002
D15	19,52	9,6	14/12/2002
D16	25,73	10,1	14/12/2002
D17	24,84	10,27	14/12/2002
D18	23,26	9,6	14/12/2002
D19	23,07	9,54	14/12/2002
D20	24,24	10,53	14/12/2002
D21	25,07	9,03	27/12/2002
D22	24,66	9,96	27/12/2002
D23	25,22	10,77	27/12/2002
D24	24,02	11,26	27/12/2002
D25	24,57	9,39	27/12/2002
D26	24,43	9,43	27/12/2002
D27	24,66	9,97	27/12/2002
D28	24,79	9,32	27/12/2002
D29	23,25	10,29	27/12/2002
D30	18,45	8,33	27/12/2002
D31	24,27	8,63	22/2/2003
D32	21,77	6,69	22/2/2003
D33	25,73	8,42	22/2/2003
D34	23,58	8,82	22/2/2003
D35	25,58	12,38	22/2/2003
D36	22,40	8,01	22/2/2003
D37	25,69	10,19	22/2/2003
D38	24,97	10,24	22/2/2003
D39	25,47	8,48	22/2/2003
D40	25,74	8,77	22/2/2003
D41	18,92	6,65	18/5/2003
D42	24,29	7,62	18/5/2003
D43	25,78	7,65	18/5/2003
D44	24,92	7,25	18/5/2003
D45	24,15	8,24	18/5/2003
D46	23,28	11,79	18/5/2003
D47	23,54	6,64	18/5/2003
D48	25,42	8,52	18/5/2003
D49	26,68	9,76	18/5/2003
D50	25,46	7,61	18/5/2003
D51	25,25	5,1	24/8/2003
D52	24,67	6,83	24/8/2003
D53	24,43	5,39	24/8/2003
D54	22,36	5,52	24/8/2003
D55	24,49	6,5	24/8/2003
D56	24,56	3,23	24/8/2003

D57	24,65	5,6	24/8/2003
D58	21,39	5,14	24/8/2003
D59	24,74	7,03	24/8/2003
D60	26,33	5,66	24/8/2003
D61	25,33	5,184	24/11/2003
D62	25,95	4,943	24/11/2003
D63	25,15	3,533	24/11/2003
D64	24,34	2,882	24/11/2003
D65	24,39	3,758	24/11/2003
D66	25,65	4,911	24/11/2003
D67	21,62	2,466	24/11/2003
D68	18,73	4,925	24/11/2003
D69	25,44	4,809	24/11/2003
D70	21,46	6,723	24/11/2003

ANEXO 19 - CALIBRAGEM PARA OBTENÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS AMOSTRAS PARA A ESTIMATIVA DOS PESOS SECOS DAS AMOSTRAS SUBMETIDAS À DECOMPOSIÇÃO NO CAMPO; PU = PESO ÚMIDO, PS = PESO SECO E TU = TEOR DE UMIDADE, EP = ERRO PADRÃO

CALIBRAÇÃO DEFINITIVA EXP.01 9/9/2002				CALIBRAÇÃO DEFINITIVA EXP.02 19/11/2002			
Nº	PU	PS	TU%	Nº	PU	PS	TU%
1	15,64	7,21	53,89	1	25,81	11,86	54,05
2	15,95	8,07	49,39	2	21,09	9,44	55,24
3	15,26	7,88	48,37	3	51,59	10,35	79,94
4	15,95	7,69	51,79	4	21,14	9,74	53,93
5	15,90	7,68	51,68	5	20,07	10,17	49,33
6	15,45	7,03	54,54	6	21,70	11,46	47,19
7	15,64	6,42	58,92	7	25,20	11,86	52,94
8	15,72	6,43	59,11	8	22,48	11,97	46,75
9	15,43	6,37	58,69	9	22,26	11,18	49,78
10	15,55	6,82	56,15	10	21,67	10,61	51,04
11	15,64	7,61	51,33	11	22,48	10,79	52,00
12	15,99	7,90	50,61	12	22,36	10,88	51,34
13	15,49	7,31	52,78	13	22,57	10,70	52,59
14	15,90	8,07	49,25	14	22,60	11,08	50,97
15	15,67	7,13	54,51	15	20,65	8,86	57,09
16	15,63	7,34	53,04	16	23,17	11,87	48,77
17	15,13	7,03	53,56	17	23,90	11,51	51,84
18	15,15	7,15	52,77	18	21,65	10,77	50,25
19	15,36	6,96	54,71	19	22,99	11,55	49,76
20	15,24	7,62	49,99	20	20,55	8,11	60,54
21	15,63	7,76	50,33	21	23,96	8,87	62,98
22	15,81	7,82	50,56	22	25,27	14,04	44,44
23	15,95	7,79	51,17	23	18,09	9,35	48,31
24	15,36	7,49	51,27	24	22,50	10,28	54,31
25	15,66	7,23	53,84	25	22,18	10,02	54,82
26	15,29	6,47	57,68	26	26,80	13,78	48,58
27	15,47	7,09	54,18	27	21,58	11,14	48,38
28	15,83	6,64	58,05	28	21,12	11,11	47,40
29	15,29	7,59	50,38	29	23,10	11,98	48,14
30	15,10	7,53	50,13	30	21,58	11,90	44,86
31	15,82	7,91	50,03	31	21,87	11,75	46,27
32	15,27	6,02	60,56	32	20,29	11,06	45,49
33	15,18	6,03	60,26	33	23,23	12,47	46,32
34	15,36	6,85	55,38	34	22,90	10,79	52,88
35	15,49	6,36	58,96	35	21,84	12,52	42,67
36	15,48	7,64	50,64	36	23,46	11,97	48,98

37	15,58	7,00	55,04	37	21,80	12,19	44,08		
38	15,98	7,80	51,20	38	19,70	10,47	46,85		
39	15,78	8,32	47,25	39	19,53	10,62	45,62		
40	15,02	6,68	55,55	40	17,10	10,16	40,58		
41	15,20	6,98	54,05	41	22,28	11,74	47,31		
42	15,42	6,64	56,97	42	21,38	10,48	50,98		
43	15,11	6,80	55,01	43	21,49	9,92	53,84		
44	15,20	6,80	55,30	44	20,94	11,34	45,85		
45	15,47	6,53	57,79	45	17,65	8,83	49,97		
46	15,96	7,49	53,03	46	24,99	11,80	52,78		
47	15,70	7,70	50,96	47	24,61	10,71	56,48		
48	15,51	7,27	53,15	48	24,19	11,72	51,55		
49	15,97	7,16	55,16	49	22,67	11,59	48,88		
50	15,43	7,84	49,23	50	23,24	11,20	51,81		
			MÉDIA	52,52				MÉDIA	50,74
			EP	0,47				EP	0,85
			FATOR	0,474775				FATOR	0,492649