

KAUANA MELISSA CUNHA DICKOW

**CICLAGEM DE FITOMASSA E NUTRIENTES EM SUCESSÃO
SECUNDÁRIA NA FLORESTA ATLÂNTICA, ANTONINA, PR.**

Tese 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 Doutor em Engenharia Florestal, Área de Concentração: Conservação da Natureza.

**Orientador: Prof. Dr. Renato Marques
Co-orientador: Dr. Hubert Höfer**

CURITIBA

2010

Aos meus PAIS e IRMÃOS

Ao meu esposo SIGUIFRID
e à minha filha MELISSA

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade da Vida!

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná pela oportunidade de realização do Doutorado em Engenharia Florestal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Ministério da Educação e Pesquisa da República Federal da Alemanha (BMBF), pelo financiamento desta pesquisa dentro do Projeto SOLOBIOMA.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Doutorado.

À Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS) pela cessão da área de estudo, pelo apoio logístico e de infra-estrutura e auxílio dos guarda-parques na realização dos trabalhos de campo.

Aos pesquisadores da SPVS Ricardo Miranda de Britez e Marília Borgo pelo apoio ao trabalho, sugestões e amizade.

Aos professores dessa Universidade, dos departamentos de Solos e Engenharia Agrícola, Ciências Florestais e Botânica pelos conhecimentos compartilhados e pelo apoio em diversas etapas da realização do trabalho.

Aos colegas do curso pela convivência enriquecedora.

Ao Prof. Dr. Renato Marques pela orientação do trabalho e ao Dr. Hubert Höfer pela co-orientação, críticas e sugestões de melhoria.

Ao SIMEPAR pelo fornecimento das informações meteorológicas.

À toda a equipe do Projeto SOLOBIOMA e, em especial, aos amigos Carolina Pinto, Daniel Corrêa, Lúgia Souza, Celsa Protil, Kelly Martins, Wanessa Bujokas, Tomaz Santos, Rafaelo Balbinot, Gefferson Piazza, Gustavo Pacheco, Juliano Schwarzbach, Petra Schmidt, Bernhard Förster, Rainer Fabry, Fernanda Sereda e Fernanda Cardoso.

À minha querida amiga Aline Alinéia Rocha pelos momentos de trabalho juntas, pela colaboração na pesquisa e, principalmente pelos momentos de descontração e pelos conselhos valiosos.

Ao meu querido amigo Wilson Saran que tanto me ajudou nas coletas e processamento das amostras, mas principalmente pela confiança e amizade.

À amiga Kelly Martins e ao pesquisador alemão Richard Ottermans pelas orientações nas análises multivariadas e ao colega José Luis Padilha pelas orientações estatísticas.

Ao colega Maurício Scheer pelo empréstimo de material bibliográfico, troca de idéias e esclarecimento de dúvidas.

Aos professores Carlos Bruno Reissman e Antônio Carlos Motta pelas orientações, carinho e incentivo.

Aos membros da banca examinadora Dra. Marisa Piccolo, Dra. Márcia Marques, Dr. Antônio Bellote e Dr. Ricardo Britez pelas sugestões de melhoria do manuscrito.

Aos funcionários das bibliotecas dessa Universidade pelo empréstimo de material bibliográfico.

Aos meus familiares pelo carinho e incentivo e aos meus pais e irmãos pelo imenso apoio em todas as fases do trabalho, paciência e amor incondicional e, principalmente por tomarem conta da minha filha Melissa para que eu pudesse escrever a tese.

À minha filha Melissa Marisol, luz da minha vida, peço perdão pelos momentos de nervosismo, falta de tempo, correria e tensão. Mas também agradeço por tantos outros momentos de alegria, companheirismo e tolerância.

Ao meu esposo Sigifrid Gomes (Fred) pela enorme paciência comigo, pelo incentivo e ajuda em tantos momentos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e conclusão deste trabalho, meu mais sincero MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA DO AUTOR

Kauana Melissa Cunha Dickow, filha de Gerson Dickow e Márcia Maria Cunha, nasceu em Curitiba no dia 17 de junho de 1977 e aos 6 meses de idade seus pais mudaram-se para a cidade de Foz do Iguaçu. Estudou no Colégio Anglo Americano Foz do Iguaçu desde o maternal até o final do Ensino Médio (antigo Segundo Grau). Em 1995, aos 17 anos, mudou-se para Curitiba para cursar Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná. Concluiu a graduação em fevereiro de 2000 e no mês seguinte mudou-se para a cidade de Guadalajara, no México, para cursar o Mestrado em Ciência de Produtos Florestais. Sua dissertação versou sobre o uso de cloretos de cobre na obtenção de carvão ativado a partir de casca de côco. Em agosto de 2002 concluiu o mestrado e retornou ao Brasil. Em 2004 ingressou como pesquisadora no Projeto SOLOBIOMA, um projeto de cooperação entre Brasil e Alemanha, dentro do PROGRAMA MATA ATLÂNTICA. Durante dois anos participou de pesquisas relacionadas à ciclagem de nutrientes em florestas secundárias na Floresta Atlântica do Paraná. Em 2006 ingressou no Programa de Pós-graduação da Universidade Federal do Paraná para realizar o Doutorado em Engenharia Florestal, na área de Conservação da Natureza. Em março de 2010 concluiu e defendeu a presente Tese de Doutorado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE QUADROS.....	xiv
LISTA DE ANEXOS.....	xiv
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 FLORESTA OMBRÓFILA DENSA.....	20
2.1.1 Floresta Ombrófila Densa Submontana	21
2.2 SUCESSÃO SECUNDÁRIA NOS TRÓPICOS.....	22
2.3 CICLAGEM DE NUTRIENTES.....	25
2.3.1 Deposição de serapilheira e nutrientes	26
2.3.2 Acúmulo e decomposição da serapilheira	28
2.3.2.1 Influência do ambiente sobre a decomposição.....	29
2.3.2.2 Influência da qualidade da serapilheira na decomposição	30
2.3.2.3 Organismos decompositores da serapilheira	32
2.3.2.4 Cálculo das taxas de decomposição	34
3 MATERIAL E MÉTODOS	38
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	38
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA.....	40
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA GEOMORFOLOGIA E DOS SOLOS	44
3.4 CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO	47
3.5 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	51
3.5.1 Serapilheira depositada.....	51
3.5.2 Serapilheira acumulada.....	53
3.5.3 Ensaio de decomposição foliar.....	54
3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	57

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1 SERAPILHEIRA DEPOSITADA.....	61
4.1.1 Produção anual de serapilheira	61
4.1.2 Frações da serapilheira produzida	71
4.1.3 Sazonalidade da produção de serapilheira e variáveis meteorológicas	76
4.1.3.1 Fração folhas (total).....	76
4.1.3.2 Folhas das espécies selecionadas e outras espécies	78
4.1.3.3 Fração ramos	83
4.1.3.4 Fração órgãos reprodutivos.....	85
4.1.3.5 Serapilheira total.....	86
4.1.4 Bioelementos na serapilheira depositada	101
4.1.4.1 Concentração de carbono, macronutrientes e sódio e relação C/N	101
4.1.4.2 Concentração de micronutrientes.....	117
4.1.4.3 Aporte de macronutrientes e sódio.....	127
4.1.4.4 Aporte de micronutrientes	133
4.2 SERAPILHEIRA ACUMULADA	136
4.2.1 Fitomassa acumulada e taxa de decomposição.....	136
4.2.2 Bioelementos na serapilheira acumulada	148
4.2.2.1 Relação C/N e concentração de carbono, macronutrientes e sódio.....	148
4.2.2.2 Estoque de carbono, macronutrientes e sódio	156
4.3 DECOMPOSIÇÃO FOLIAR (LITTERBAGS)	158
4.3.1 Fitomassa remanescente e taxa de decomposição.....	158
4.3.2 Dinâmica dos nutrientes	166
4.3.2.1 Nitrogênio	166
4.3.2.2 Fósforo	170
4.3.2.3 Potássio.....	173
4.3.2.4 Cálcio	176
4.3.2.5 Magnésio.....	179
4.3.2.6 Sódio	182
4.3.2.7 Relação C/N	185
5. CONCLUSÕES	188
REFERÊNCIAS.....	190
ANEXOS	209

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA, NA CAMADA DE 0-10 CM.	46
TABELA 2 - RELAÇÃO DAS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS FASES INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA E SEUS RESPECTIVOS VALORES DE IMPORTÂNCIA (VI), EM PORCENTAGEM.....	52
TABELA 3 – DEPOSIÇÃO (kg.ha ⁻¹) DE SERAPILHEIRA TOTAL AO LONGO DAS DATAS DE COLETA NOS ANOS 2004 A 2007, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.	64
TABELA 4 - DEPOSIÇÃO ANUAL DE SERAPILHEIRA (t.ha ⁻¹ .ano ⁻¹) E CONTRIBUIÇÃO (%) DAS FOLHAS, RAMOS, ÓRGÃOS REPRODUTIVOS E MISCELÂNEA À SERAPILHEIRA TOTAL EM DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS BRASILEIRAS (F = FOLHAS, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, M = MISCELÂNEA).....	68
TABELA 5 - DEPOSIÇÃO ANUAL MÉDIA DE SERAPILHEIRA E CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA – COMPARAÇÃO ENTRE FRAÇÕES EM CADA FASE SUCESSIONAL.	73
TABELA 6 - DEPOSIÇÃO ANUAL MÉDIA DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA – COMPARAÇÃO ENTRE FASES PARA CADA FRAÇÃO DA SERAPILHEIRA.....	75
TABELA 7 – RESUMO DOS RESULTADOS DA DCA (DETRENDED CORRESPONDANCE ANALYSIS) E RDA (REDUNDANCY ANALYSIS) COM DADOS DE DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E VARIÁVIES METEOROLÓGICAS DOS ANOS 2004 A 2007, DA FASE SUCESSIONAL INICIAL.	90
TABELA 8 – RESUMO DOS RESULTADOS DA DCA (DETRENDED CORRESPONDANCE ANALYSIS) E RDA (REDUNDANCY ANALYSIS) COM DADOS DE DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E VARIÁVIES METEOROLÓGICAS DOS ANOS 2004 A 2007, DA FASE SUCESSIONAL MÉDIA.	93
TABELA 9 – RESUMO DOS RESULTADOS DA DCA (DETRENDED CORRESPONDANCE ANALYSIS) E RDA (REDUNDANCY ANALYSIS) COM DADOS DE DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E VARIÁVIES METEOROLÓGICAS DOS ANOS 2004 A 2007, DA FASE SUCESSIONAL AVANÇADA.....	96
TABELA 10 - CONCENTRAÇÃO DE CARBONO, MACRONUTRIENTES E SÓDIO E RELAÇÃO C/N DA SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) DA FASE INICIAL NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO	103
TABELA 11 - CONCENTRAÇÃO DE CARBONO, MACRONUTRIENTES E SÓDIO E RELAÇÃO C/N DA SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) DA FASE MÉDIA NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO.	104
TABELA 12 - CONCENTRAÇÃO DE CARBONO, MACRONUTRIENTES E SÓDIO E RELAÇÃO C/N DA SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) DA FASE AVANÇADA NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO.....	105
TABELA 13 - CONCENTRAÇÃO MÉDIA ¹ DE CARBONO, MACRONUTRIENTES E SÓDIO E RELAÇÃO C/N MÉDIA ¹ DAS FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA – COMPARAÇÃO ENTRE FASES.....	108
TABELA 14 - CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E SÓDIO NA SERAPILHEIRA DE DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS NO BRASIL E NO MUNDO.....	111

TABELA 15 - CONCENTRAÇÃO MÉDIA ¹ DE CARBONO, MACRONUTRIENTES E SÓDIO RELAÇÃO C/N MÉDIA ¹ DAS FOLHAS DAS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.....	114
TABELA 16 - CONCENTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) DA FASE INICIAL NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO – COMPARAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES PARA CADA FRAÇÃO DA SERAPILHEIRA E TOTAL.....	118
TABELA 17 - CONCENTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) DA FASE MÉDIA NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO – COMPARAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES PARA CADA FRAÇÃO DA SERAPILHEIRA E TOTAL.....	120
TABELA 18 - CONCENTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) DA FASE AVANÇADA NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO – COMPARAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES PARA CADA FRAÇÃO DA SERAPILHEIRA E TOTAL.....	122
TABELA 19 - CONCENTRAÇÃO MÉDIA ¹ DE MICRONUTRIENTES (Fe, Cu, Mn E Zn) NAS FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA NAS FASES DE SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA – COMPARAÇÃO ENTRE FASES.....	123
TABELA 20 - CONCENTRAÇÃO MÉDIA ¹ DE MICRONUTRIENTES (Fe, Cu, Mn E Zn) NAS FOLHAS DAS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA – COMPARAÇÃO ENTRE ESPÉCIES DE CADA FASE.....	125
TABELA 21 – QUANTIDADE MÉDIA ANUAL ¹ DE MACRONUTRIENTES E SÓDIO TRANSFERIDA PELA SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) DEPOSITADA NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.....	129
TABELA 22 - QUANTIDADE ANUAL E PERCENTUAL DE MACRONUTRIENTES E SÓDIO TRANSFERIDA PELAS FOLHAS DAS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.....	130
TABELA 23 - QUANTIDADE ANUAL ¹ DE MICRONUTRIENTES TRANSFERIDOS PELA SERAPILHEIRA (TOTAL E FRAÇÕES) DAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA – COMPARAÇÃO ENTRE FRAÇÕES EM CADA FASE SUCESSIONAL.....	134
TABELA 24 - QUANTIDADE MÉDIA ¹ DE SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NA FASE SUCESSIONAL INICIAL (FR = FOLHAS RECÉM DEPOSITADAS, FD = FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, PE = PENEIRA, SAT = SERAPILHEIRA ACUMULADA TOTAL).....	139
TABELA 25 - QUANTIDADE MÉDIA ¹ DE SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NA FASE SUCESSIONAL MÉDIA (FR = FOLHAS RECÉM DEPOSITADAS, FD = FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, PE = PENEIRA, SAT = SERAPILHEIRA ACUMULADA TOTAL).....	140
TABELA 26 - QUANTIDADE MÉDIA ¹ DE SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NA FASE SUCESSIONAL AVANÇADA (FR = FOLHAS RECÉM DEPOSITADAS, FD = FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, PE = PENEIRA, SAT = SERAPILHEIRA ACUMULADA TOTAL).....	141
TABELA 27 - SERAPILHEIRA DEPOSITADA E SERAPILHEIRA ACUMULADA, TAXA DE DECOMPOSIÇÃO (k) E TEMPO DE RENOVAÇÃO DO ESTOQUE DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.....	143
TABELA 28 – TAXAS DE DECOMPOSIÇÃO (k) EM DIVERSAS TIPOLOGIAS FLORESTAIS BRASILEIRAS.....	147
TABELA 29 – VALORES MÉDIOS ¹ DE CONCENTRAÇÃO DE CARBONO, MACRONUTRIENTES E SÓDIO E RELAÇÃO C/N DA SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL), NAS FASES	

SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (F = FOLHAS, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, PE = PENEIRA, SAT = SERAPILHEIRA ACUMULADA TOTAL).....155

TABELA 30 – ESTOQUE DE CARBONO, MACRONUTRIENTES E SÓDIO NA SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO 2004, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.....157

TABELA 31 - TAXA ANUAL DE DECOMPOSIÇÃO (k) E TEMPO PARA DECOMPOSIÇÃO DE 50% ($T_{0,5}$) E 95% ($T_{0,95}$) DAS FOLHAS DE *Tibouchina pulchra* (JACATIRÃO) E *Sloanea guianensis* (LARANJEIRA-DO-MATO) NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA A AVANÇADA.....162

TABELA 32 - CONCENTRAÇÃO INICIAL E FINAL DE N, P, K, Ca, Mg, Na E RELAÇÃO C/N DAS FOLHAS DE *Tibouchina pulchra* (JACATIRÃO) NO PERÍODO DE 196 DIAS DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO COM LITTERBAGS. ¹186

TABELA 33 - CONCENTRAÇÃO INICIAL E FINAL DE N, P, K, Ca, Mg, Na E RELAÇÃO C/N DAS FOLHAS DE *Sloanea guianensis* (LARANJEIRA-DO-MATO) NO FINAL (364 DIAS) DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO COM LITTERBAGS. ¹187

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA RESERVA NATURAL RIO CACHOEIRA (FONTE: SPVS/LABSIG, 2005)39

FIGURA 2 - MÉDIAS MENSIS DE COMPRIMENTO DO DIA DO PERÍODO DE 2004 A 2007.40

FIGURA 3 - DADOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS E DO ANO 2004 DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANTONINA, PR. A. PRECIPITAÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO. B. RADIAÇÃO SOLAR E TEMPERATURA MÉDIA (FONTE: SIMEPAR, 2009).....42

FIGURA 4 - DADOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS E DO ANO 2005 DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANTONINA, PR. A. PRECIPITAÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO. B. RADIAÇÃO SOLAR E TEMPERATURA MÉDIA (FONTE: SIMEPAR, 2009).....42

FIGURA 5 - DADOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS E DO ANO 2006 DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANTONINA, PR. A. PRECIPITAÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO. B. RADIAÇÃO SOLAR E TEMPERATURA MÉDIA (FONTE: SIMEPAR, 2009).....43

FIGURA 6 - DADOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS E DO ANO 2007 DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANTONINA, PR. A. PRECIPITAÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO. B. RADIAÇÃO SOLAR E TEMPERATURA MÉDIA (FONTE: SIMEPAR, 2009).....43

FIGURA 7 - CROQUI DA DISPOSIÇÃO DAS PARCELAS NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA NA RESERVA NATURAL DO RIO CACHOEIRA, ANTONINA, PR (FONTE: CORRÊA, 2007)48

FIGURA 8 - VISTA INTERNA DAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL (A), MÉDIA (B) E AVANÇADA (C) NA RESERVA NATURAL DO RIO CACHOEIRA, ANTONINA, PR.50

FIGURA 9 – DISPOSIÇÃO DOS COLETORES NAS PARCELAS.51

FIGURA 10 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NA FASE SUCESSIONAL INICIAL AO LONGO DOS ANOS 2004 (A), 2005 (B), 2006 (C) E 2007 (D).65

FIGURA 11 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NA FASE SUCESSIONAL MÉDIA AO LONGO DOS ANOS 2004 (A), 2005 (B), 2006 (C) E 2007 (D).....	66
FIGURA 12 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NA FASE SUCESSIONAL AVANÇADA AO LONGO DOS ANOS 2004 (A), 2005 (B), 2006 (C) E 2007 (D).....	67
FIGURA 16 – DEPOSIÇÃO (kg.ha ⁻¹) DE FOLHAS (TOTAL) AO LONGO DAS DATAS DE COLETA NOS ANOS 2004 A 2007, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.	77
FIGURA 13 – DEPOSIÇÃO (kg.ha ⁻¹) DE FOLHAS (ESPÉCIES SELECIONADAS E OUTRAS ESPÉCIES) AO LONGO DAS DATAS DE COLETA NOS ANOS 2004 A 2007, NA FASE SUCESSIONAL INICIAL.	80
FIGURA 14 – DEPOSIÇÃO (kg.ha ⁻¹) DE FOLHAS (ESPÉCIES SELECIONADAS E OUTRAS ESPÉCIES) AO LONGO DAS DATAS DE COLETA NOS ANOS 2004 A 2007, NA FASE SUCESSIONAL MÉDIA.	81
FIGURA 17 – DEPOSIÇÃO (kg.ha ⁻¹) DE RAMOS AO LONGO DAS DATAS DE COLETA NOS ANOS 2004 A 2007, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.....	84
FIGURA 18 – DEPOSIÇÃO (kg.ha ⁻¹) DE ÓRGÃOS REPRODUTIVOS AO LONGO DAS DATAS DE COLETA NOS ANOS 2004 A 2007, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.	87
FIGURA 19 – DEPOSIÇÃO (kg.ha ⁻¹) DE SERAPILHEIRA TOTAL AO LONGO DAS DATAS DE COLETA NOS ANOS 2004 A 2007, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.	88
FIGURA 20 – ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA (RDA) DA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NA FASE SUCESSIONAL INICIAL . A – DIAGRAMA DUPLO (FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA <i>versus</i> VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS. B – DIAGRAMA TRIPLO (FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA <i>versus</i> VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS <i>versus</i> MESES DE COLETA.	91
FIGURA 21 – ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA (RDA) DA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NA FASE SUCESSIONAL MÉDIA . A – DIAGRAMA DUPLO (FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA <i>versus</i> VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS. B – DIAGRAMA TRIPLO (FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA <i>versus</i> VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS <i>versus</i> MESES DE COLETA.	94
FIGURA 22 – ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA (RDA) DA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NA FASE SUCESSIONAL AVANÇADA . A – DIAGRAMA DUPLO (FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA <i>versus</i> VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS. B – DIAGRAMA TRIPLO (FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA <i>versus</i> VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS <i>versus</i> MESES DE COLETA.	97
FIGURA 23 - DENDROGRAMA BASEADO NA RELAÇÃO C/N MÉDIA DAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES SELECIONADAS, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.....	112
FIGURA 24 - DENDROGRAMA BASEADO NA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE C DAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES SELECIONADAS, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.....	113
FIGURA 25 - DENDROGRAMA BASEADO NA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE N, P, K, Mg E Na DAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES SELECIONADAS, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.....	115
FIGURA 26 - DENDROGRAMA BASEADO NA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE Ca DAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES SELECIONADAS, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.....	116

FIGURA 27 - DENDROGRAMA BASEADO NA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE Fe, Cu, Mn E Zn DAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.....	126
FIGURA 28 - APORTE ANUAL DE Fe (A), Cu (B), Mn (C) E Zn (D) PELAS FOLHAS DAS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.	135
FIGURA 29 – RELAÇÃO C/N DA SERAPILHEIRA DEPOSITADA E ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (DEP = DEPOSITADA, ACUM = ACUMULADA).	150
FIGURA 30 – CONCENTRAÇÃO DE C DA SERAPILHEIRA DEPOSITADA E ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (DEP = DEPOSITADA, ACUM = ACUMULADA).....	150
FIGURA 31 – CONCENTRAÇÃO DE N DA SERAPILHEIRA DEPOSITADA E ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (DEP = DEPOSITADA, ACUM = ACUMULADA).....	151
FIGURA 32 – CONCENTRAÇÃO DE P DA SERAPILHEIRA DEPOSITADA E ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (DEP = DEPOSITADA, ACUM = ACUMULADA).....	151
FIGURA 33 – CONCENTRAÇÃO DE K DA SERAPILHEIRA DEPOSITADA E ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (DEP = DEPOSITADA, ACUM = ACUMULADA).....	152
FIGURA 34 – CONCENTRAÇÃO DE Ca DA SERAPILHEIRA DEPOSITADA E ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (DEP = DEPOSITADA, ACUM = ACUMULADA).....	152
FIGURA 35 – CONCENTRAÇÃO DE Mg DA SERAPILHEIRA DEPOSITADA E ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (DEP = DEPOSITADA, ACUM = ACUMULADA).....	153
FIGURA 36 – CONCENTRAÇÃO DE Na DA SERAPILHEIRA DEPOSITADA E ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (DEP = DEPOSITADA, ACUM = ACUMULADA).....	153
FIGURA 37 - FITOMASSA REMANESCENTE (%) DE <i>Tibouchina pulchra</i> (JACATIRÃO) NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.	158
FIGURA 38 - FITOMASSA REMANESCENTE (%) DE <i>Sloanea guianensis</i> (LARANJEIRA-DO-MATO) NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.	159
FIGURA 39 - TAXA ANUAL DE DECOMPOSIÇÃO DAS FOLHAS DE <i>Tibouchina pulchra</i> (JACATIRÃO) E <i>Sloanea guianensis</i> (LARANJEIRA-DO-MATO): EFEITO DAS ESPÉCIES (A), EFEITO DAS FASES (B), EFEITO DO TAMANHO DE MALHA DO LITTERBAG (C) E INTERAÇÃO ESPÉCIE X MALHA (D).	164
FIGURA 40 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE NITROGÊNIO NAS FOLHAS DE <i>Tibouchina pulchra</i> NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.	168
FIGURA 41 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE NITROGÊNIO NAS FOLHAS DE <i>Sloanea guianensis</i> NOS TRÊS	

TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.	169
FIGURA 42 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE FÓSFORO NAS FOLHAS DE <i>Tibouchina pulchra</i> NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.	171
FIGURA 43 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE FÓSFORO NAS FOLHAS DE <i>Sloanea guianensis</i> NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.	172
FIGURA 44 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE POTÁSSIO NAS FOLHAS DE <i>Tibouchina pulchra</i> NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.	174
FIGURA 45 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE POTÁSSIO NAS FOLHAS DE <i>Sloanea guianensis</i> NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.	175
FIGURA 46 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE CÁLCIO NAS FOLHAS DE <i>Tibouchina pulchra</i> NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS TRÊS FASES DE REGENERAÇÃO DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.	177
FIGURA 47 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE CÁLCIO NAS FOLHAS DE <i>Sloanea guianensis</i> NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.	178
FIGURA 48 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE MAGNÉSIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE MAGNÉSIO NAS FOLHAS DE <i>Tibouchina pulchra</i> NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.	180
FIGURA 49 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE MAGNÉSIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE MAGNÉSIO NAS FOLHAS DE <i>Sloanea guianensis</i> NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.	181
FIGURA 50 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE SÓDIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE SÓDIO NAS FOLHAS DE <i>Tibouchina pulchra</i> NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.	183
FIGURA 51 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE SÓDIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE SÓDIO NAS FOLHAS DE <i>Sloanea guianensis</i> NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.	184
FIGURA 52 – VARIAÇÃO DA RELAÇÃO C/N DAS FOLHAS DAS ESPÉCIES <i>Tibouchina pulchra</i> E <i>Sloanea guianensis</i> AO LONGO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO COM LITTERBAGS. .	185

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – ESQUEMA DE EXCLUSÃO/INCLUSÃO DOS ORGANISMOS DECOMPOSITORES DA SERAPILHEIRA CONFORME TAMANHO DA MALHA UTILIZADA NO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO COM LITTERBAGS.....	55
QUADRO 2 – PRINCIPAIS MÉTODOS DE ORDENAÇÃO UTILIZADOS EM ANÁLISE MULTIVARIADA.	59

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NOS ANOS 2004 A 2007, NA FASE SUCESSIONAL INICIAL (TIB = FOLHAS DE <i>Tibouchina pulchra</i> , MYR = FOLHAS DE <i>Myrsine coriacea</i> , F = FOLHAS DE OUTRAS ESPÉCIES, FT = FOLHAS TOTAL, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, M = MISCELÂNEA, ST = SERAPILHEIRA TOTAL).....	210
ANEXO 2 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NOS ANOS 2004 A 2007, NA FASE SUCESSIONAL MÉDIA (SLO = FOLHAS DE <i>Sloanea guianensis</i> , HYE = FOLHAS DE <i>Hyeronima alchorneoides</i> , ALC = FOLHAS DE <i>Alchornea</i> sp., BAT = FOLHAS DE <i>Bathysa meridionalis</i> , F = FOLHAS DE OUTRAS ESPÉCIES, FT = FOLHAS TOTAL, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, M = MISCELÂNEA, ST = SERAPILHEIRA TOTAL).....	212
ANEXO 3 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NOS ANOS 2004 A 2007, NA FASE SUCESSIONAL AVANÇADA (SLO = FOLHAS DE <i>Sloanea guianensis</i> , HYE = FOLHAS DE <i>Hyeronima alchorneoides</i> , ALC = FOLHAS DE <i>Alchornea</i> sp., POU = FOLHAS DE <i>Pourouma guianensis</i> , MAR, = FOLHAS DE <i>Marlieria tomentosa</i> , F = FOLHAS DE OUTRAS ESPÉCIES, FT = FOLHAS TOTAL, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, M = MISCELÂNEA, ST = SERAPILHEIRA TOTAL).	214

RESUMO

CICLAGEM DE FITOMASSA E NUTRIENTES EM SUCESSÃO SECUNDÁRIA NA FLORESTA ATLÂNTICA, ANTONINA, PR. Este trabalho teve como objetivo avaliar o processo de deposição e decomposição da serapilheira e o retorno de nutrientes em três áreas de Floresta Ombrófila Densa Submontana na Reserva Natural do Rio Cachoeira, Antonina, PR. As áreas selecionadas para o estudo encontravam-se em diferentes fases da sucessão secundária, após o abandono de atividades agropastoris e extrativistas. As áreas foram denominadas fases inicial (INI), média (MED) e avançada (AVA). Em cada uma das áreas foram instaladas parcelas com 1000 m², onde foi avaliada a deposição de serapilheira (frações e total) a cada 21 dias durante quatro anos (2004 a 2007). O acúmulo de serapilheira sobre o solo foi obtido por coletas a cada 42 dias durante um ano (2004). A decomposição da serapilheira total foi obtida via método indireto (serapilheira produzida/acumulada) e a decomposição foliar de duas espécies arbóreas (*Tibouchina pulchra* – espécie pioneira e *Sloanea guianensis* – espécie secundária-tardia) foi avaliada pelo método direto (litterbags ou sacos de decomposição) em todas as parcelas do estudo. A ação da fauna de solo no processo de decomposição foi avaliada por meio do uso de litterbags com malhas de diferentes tamanhos (0,02, 0,5 mm e 4 mm). Para todo o material coletado no campo, foram determinados os teores de macronutrientes, micronutrientes e sódio, relação C/N. A produção total anual de serapilheira não diferiu entre as fases sucessionais (5201, 5399 e 5323 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ nas fases INI, MED e AVA, respectivamente), porém diferiu entre as frações da serapilheira dentro de cada fase. A produção de serapilheira foi maior nos meses de primavera e verão e a velocidade do vento foi a variável que influenciou de forma mais significativa no processo de deposição. Como a concentração dos elementos variou pouco ao longo do ano, o padrão de deposição de nutrientes foi determinado pelo padrão de deposição de fitomassa. O aporte total de macronutrientes (soma de N, P, K, Ca e Mg) foi de 140, 140 e 154 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ e de micronutrientes (soma de Fe, Cu, Mn e Zn) foi de 341, 453 e 650 g.ha⁻¹, nas fases INI, MED e AVA, respectivamente. O acúmulo de serapilheira foi quase o dobro na fase MED (7216 kg.ha⁻¹) em relação às fases INI (3786 kg.ha⁻¹) e AVA (3922 kg.ha⁻¹). Dessa forma, a velocidade de decomposição na fase MED foi quase duas vezes menor (k=0,75), resultando num tempo médio de quatro anos para a renovação de 95% do estoque de fitomassa, enquanto nas demais fases este tempo foi de dois anos em média. A velocidade de decomposição foliar de *T. pulchra* (k=2,7) foi quase duas vezes superior à decomposição de *S. guianensis* (k=1,2). Quando se excluiu a macrofauna (malha de 0,5 mm) e a macro-, meso- e microfauna (malha de 0,02 mm), a decomposição das folhas de *T. pulchra* diminuiu, enquanto para as folhas de *S. guianensis* não houve modificação nas taxas de decomposição com a exclusão da fauna. Portanto, a macrofauna do solo apresentou papel importante no processo de decomposição foliar de *T. pulchra* e menor influência sobre a decomposição de *S. guianensis*. Houve diferenciação do processo de ciclagem de nutrientes em função da fase sucessional da floresta.

Palavras-chave: Floresta Ombrófila Densa Submontana, sucessão secundária, serapilheira acumulada, sacos de decomposição.

ABSTRACT

NUTRIENT CYCLING IN A SECONDARY SUCCESSION OF THE BRAZILIAN ATLANTIC RAIN FOREST, ANTONINA, PR. The aim of this work was to evaluate the processes of litterfall, litter decomposition and nutrient cycling in three fragments of the Dense Ombrophilous Submontane Forest in the Natural Reserve of Rio Cachoeira, Antonina, PR. The areas selected for the research were in different secondary successional stages after the abandonment from agricultural and pasture activities. The areas were named initial (INI), medium (MED) and advanced (AVA) successional stages. Plots of 1000m² were installed in each forest where litterfall (fractions and total) was monitored with collections every 21 days in each successional stage from 2004 to 2007. Litterstock was evaluated only during the year of 2004 by collections every 42 days. Total litter decomposition was evaluated by indirect method (litterfall/litterstock) and the leaf litter decomposition of two tree species (*Tibouchina pulchra* – pioneer species and *Sloanea guianensis* – late secondary species) was obtained by direct method (litterbags) for all plots. The influence of soil fauna in the decomposition process was evaluated by the use of litterbags with different mesh sizes (0.02, 0.5 mm and 4 mm). Nutrients and sodium concentration and content plus C/N ratio were determined for all vegetal material collected from the field. The total annual litterfall did not differ between the successional stages (5201, 5399 and 5323 kg.ha⁻¹.year⁻¹ in the stages INI, MED and AVA, respectively), but it differed between the litter fractions in each stage. The amount of litterfall was higher during Spring and Summer seasons and the wind speed had a significant effect on litterfall. The nutrient concentration in litterfall varied little along the year, being the pattern of nutrient return to soil determined by the litterfall amount pattern. The total contribution of macronutrients (N, P, K, Ca and Mg) in the stages INI, MED and AVA was respectively of 140, 140 and 154 kg.ha⁻¹.year⁻¹; and for the micronutrients (Fe, Cu, Mn and Zn) the contribution was of 341, 453 e 650 g.ha⁻¹.year⁻¹. Litterstock was almost the double at stage MED (7216 kg.ha⁻¹) in comparison to the stages INI (3786 kg.ha⁻¹) and AVA (3922 kg.ha⁻¹). Therefore, the decomposition in stage MED was almost two times slower than in the other sites (k=0.75). The decomposition of 95% of the material was estimated in four years for the stage MED and only of two years for the stages INI and AVA. The decomposition rate of *T. pulchra* leaves (k=2.7) was almost two times higher than the decomposition rate of *S. guianensis* leaves (k=1.2). When macrofauna was excluded (mesh size of 0.5 mm) and the macro-, meso- and microfauna (mesh size of 0.02 mm) excluded, the decomposition of *T. pulchra* decreased, while for *S. guianensis* there was no change of the decomposition rates. So, the soil macrofauna played an important role on leaf decomposition of *T. pulchra*. The nutrient cycling process was influenced by the successional stage of the forest.

Key-words: Tropical forest, secondary succession, litterstock, litterbags.

1 INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica foi uma das maiores florestas tropicais das Américas, cobrindo originalmente cerca de 150 milhões de hectares, em condições ambientais altamente heterogêneas. Suas características geográficas, como elevada amplitude latitudinal (3°S a 31°S) e longitudinal (35°W a 60°W), aliadas a uma grande amplitude altitudinal (nível do mar até 2700m aprox.), favoreceram a elevada diversidade (1-8% do total mundial de espécies) e o elevado número de espécies endêmicas (40% das espécies arbóreas, 16% dos pássaros, 27% dos mamíferos, 31% dos répteis, 60% dos anfíbios, entre outros) encontrados neste bioma (MYERS *et al.*, 2000; MITTERMEIER *et al.*, 2005; RIBEIRO *et al.*, 2009). Apesar da sua enorme riqueza biológica, é provavelmente uma das florestas tropicais mais ameaçadas do planeta (DEAN, 1997).

A vegetação remanescente de Floresta Atlântica foi estimada atualmente por Ribeiro *et al.* (2009) e encontra-se entre 11,4 e 16% da cobertura original. Apesar de todas as restrições legais ao desflorestamento, a taxa de perda da floresta ainda é alta, aproximadamente 0,25% ou 350 km² por ano (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2008). Como consequência desta longa história de degradação, a Floresta Atlântica está altamente fragmentada (mais de 245 mil fragmentos, sendo 83,4% fragmentos menores que 50 ha) e um grande número de espécies endêmicas são consideradas ameaçadas de extinção (RIBEIRO *et al.*, 2009).

A Serra do Mar é a região mais conservada da Floresta Atlântica, com 36,5% da sua vegetação original e o segundo maior fragmento está localizado na zona costeira do Estado do Paraná, com quase 509 mil ha de extensão (RIBEIRO *et al.*, 2009). Embora a Floresta Atlântica no Paraná represente um dos melhores remanescentes da formação em termos de conservação no Brasil, diversas áreas de serras e planícies estão recobertas atualmente por formações secundárias em diferentes estádios sucessionais (SILVA, 2003).

Muitas das áreas desflorestadas são abandonadas após exaustão do solo, possibilitando sua regeneração. O valor da biodiversidade destas florestas secundárias é um tema ainda rodeado de controvérsias e incertezas (BIHN, 2008). Em artigo recente, Ribeiro *et al.* (2009) comentam que mesmo que as florestas tropicais possam conter elevada biodiversidade, muitas espécies necessitam de florestas menos perturbadas e de fragmentos maiores para sobreviver. Dessa forma,

a conservação das florestas primárias ou maduras (“old-growth forests”) é especialmente importante porque o processo de sucessão das florestas secundárias, mesmo em excelentes condições de regeneração, requer diversas décadas para restaurar uma composição de espécies comparável a um estágio maduro (DUNN, 2004; BARLOW *et al.*, 2007; LIEBSCH; MARQUES; GOLDENBERG; 2008; RODRIGUES *et al.*, 2009, RIBEIRO *et al.*, 2009). Além disso, as florestas em fases iniciais de sucessão nas terras abandonadas não estão protegidas pelas leis ambientais brasileiras (METZGER, 2009) e, por isso, estão amplamente sujeitas a novas supressões.

Bihn (2008) ressalta a importância de se conhecer o grau com que as florestas secundárias conseguem cumprir as funções ecológicas, de forma similar às florestas primárias, além do seu valor para a conservação da diversidade de espécies. Esta diversidade funcional tem sido definida como “a intensidade com que as características das espécies e dos organismos influenciam o funcionamento do ecossistema” (TILMAN, 2001¹, citado por BIHN, 2008). Portanto, para se alcançar os objetivos de restaurar e manejar os ecossistemas de forma sustentável é importante entender os mecanismos e as ligações entre a diversidade de espécies e as funções do ecossistema, mais do que somente conhecer sua a diversidade (WALKER, 1992).

Um dos aspectos mais relevantes para a recuperação das florestas é a ciclagem de nutrientes. O compartimento formado pela serapilheira-solo é o sítio de todas as etapas da decomposição da matéria orgânica e desta ciclagem. Entretanto, não significa que os diversos fenômenos envolvidos nesse processo ocorram exclusivamente nessa estreita porção do ambiente, porém, é nesse compartimento onde se concentram os organismos responsáveis pela tarefa de fragmentar as cadeias carbônicas, elaboradas de maneira complexa pelos outros organismos autotróficos (CORREIA; ANDRADE, 1999).

Representando uma ligação importante no ciclo orgânico de produção-decomposição, a serapilheira tem papel fundamental no funcionamento do ecossistema florestal (MEENTEMEYER; BOX; THOMPSON, 1982). Dessa forma, seu estudo pode fornecer índices de produtividade da floresta, noções sobre taxas

¹ TILMAN, D. **Functional diversity**. In: S.A. Levin (ed.). Encyclopedia of biodiversity. Academic Press, San Diego, p.109-120, 2001.

de decomposição e fenologia das espécies, além de permitir avaliar sua importância nos ciclos de nutrientes (PROCTOR, 1983; CUNHA *et al.*, 1993; DIDHAM, 1998).

O presente estudo foi parte do Projeto SOLOBIOMA, um projeto de cooperação entre Brasil e Alemanha cujos objetivos foram, na primeira fase (2003-2006), estudar a dinâmica biogeoquímica dos nutrientes e a diversidade e função da biota de solo sob a influência de ações antrópicas e, na segunda fase (2006-2009), avaliação da qualidade de ecossistemas de florestas secundárias e do seu potencial para a conservação da biodiversidade.

No caso específico deste trabalho, o objetivo geral foi o de avaliar vários processos associados à ciclagem de nutrientes em diferentes fases sucessionais da Floresta Ombrófila Densa Submontana do Sul do Brasil, visando contribuir para o entendimento da ecologia destas florestas secundárias.

Os objetivos específicos foram:

- Quantificação da deposição de serapilheira total e de suas frações;
- Avaliação da sazonalidade de deposição da serapilheira;
- Determinação da concentração e da quantidade de nutrientes na serapilheira depositada;
- Quantificação do acúmulo de serapilheira sobre o solo e das taxas de decomposição desta serapilheira;
- Determinação da concentração e da quantidade de nutrientes na serapilheira acumulada;
- Avaliação da influência da fauna de solo na decomposição foliar de duas espécies arbóreas (*Tibouchina pulchra* (Cham.) Cogn. - jacatirão e *Sloanea guianensis* Aubl. (Benth.) - laranjeira-do-mato);
- Avaliação da liberação de nutrientes da serapilheira foliar de *T. pulchra* e *S. guianensis* ao longo do processo de decomposição.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FLORESTA OMBRÓFILA DENSA

A denominação Floresta Ombrófila Densa foi criada por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974) e substituiu a denominação anterior de Floresta Pluvial Tropical (VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991; IBGE, 1992). Segundo a SEMA (2002), o termo **ombrófila** vem do latim *ombro* que significa **umidade** e *fila*, **amiga**; portanto, indica a vegetação que cresce em ambientes de alta umidade. O termo **densa** indica um grande número de plantas por unidade de área.

A Floresta Ombrófila Densa ocupa parte do espaço amazônico e estende-se pela costa atlântica, desde o Rio Grande do Norte até o Espírito Santo, onde ocorre em bolsões contidos entre o litoral e as serras pré-cambrianas marginais ao oceano, ampliando a sua área de ocorrência sobre as encostas das mesmas até Osório, no Rio Grande do Sul (IBGE, 1998). No Estado do Paraná, este tipo de floresta ocupa uma área de 11.100 km² e engloba 15 municípios, desde as formações florestais da Planície Litorânea, das encostas da Serra do Mar até parte do vale do rio Ribeira (SEMA, 2002).

A Floresta Ombrófila Densa é caracterizada por macro e mesofanerófitos, por lianas lenhosas, por epífitas em abundância, pela grande variedade de espécies em geral e por árvores de grande altura. A característica ombrotérmica dessa floresta está ligada aos fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25°C), de elevada precipitação bem distribuída durante o ano e de ausência de período biologicamente seco (VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991; IBGE, 1992).

Este tipo vegetacional foi dividido 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; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991; IBGE, 1992; RODERJAN *et al.*, 2002). Apresenta grande diversidade e produtividade de biomassa, sendo estimadas mais de 700 espécies arbóreas, a maioria exclusiva dessa unidade vegetacional (LEITE, 1994).

2.1.1 Floresta Ombrófila Densa Submontana

A Floresta Ombrófila Densa Submontana compreende as formações florestais que ocupam a planície litorânea e o início das encostas da Serra do Mar, situadas entre aproximadamente 20 e 600 m s.n.m. Devido ao regime climático predominante, com chuvas abundantes e distribuídas ao longo do ano e ausência de geadas, e aos tipos de solos onde ocorre (argissolos, latossolos e cambissolos), é a formação que detém a maior diversidade vegetal. As áreas onde ocorre esta formação são relativamente estáveis, de declividade moderada, de boa drenagem e profundidade, o que permite o estabelecimento de uma vegetação florestal densa e alta que pode atingir até 30-35 metros de altura (SEMA, 2002; RODERJAN *et al.*, 2002).

São típicas desta formação vegetal as seguintes espécies: *Ocotea catharinensis* Mez (Lauraceae), *Sloanea guianensis* (Aubl.) Benth. (Elaeocarpaceae), *Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake (Caesalpiniaceae), *Virola bicuhyba* (Schott ex Spreng.) Warb. (Myristicaceae), *Alchornea triplinervia*, *Hyeronima alchorneoides* Allemao (Euphorbiaceae), *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze (Lecythidaceae), *Pseudopiptadenia warmingii* (Benth.) G. P. Lewis & M. P. Lima (Mimosaceae), *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) e *Vochysia bifalcata* Warm. (Vochysiaceae). Nos estratos inferiores encontra-se *Garcinia gardneriana* (Planch. & Triana) Zappi (Clusiaceae), *Guapira opposita* (Vell.) Reitz (Nyctaginaceae), *Bathysa meridionalis* L. B. Sm. & Downs, *Psycotria nuda* (Cham. & Schltld.) Wawra, *P. suterella* Müll. Arg. (Rubiaceae), *Euterpe edulis*, *Geonoma schottiana* Mart., *Geonoma elegans* Mart. (Arecaceae) e *Cyathea hirsuta* C. Presl (Cyatheaceae) (GUAPYASSÚ, 1994; ATHAYDE, 1997; SEMA, 2002; RODERJAN *et al.*, 2002).

2.2 SUCESSÃO SECUNDÁRIA NOS TRÓPICOS

Florestas secundárias são florestas em processo de regeneração natural após a ocorrência de distúrbios significativos na vegetação original, em uma única ocasião ou ao longo de um período de tempo, capazes de alterar a composição e a estrutura da floresta em relação a florestas primárias próximas, em ambientes similares (FAO, 2003). Os distúrbios podem ser naturais, como queda de árvores, doenças, incêndios, ciclones, ou antropogênicos, como a retirada seletiva de árvores, efeitos de poluentes químicos, herbicidas, conversão para agricultura e pastagem, mineração, entre outros (GOMEZ-POMPA; VÁZQUEZ-YANES, 1981).

Os distúrbios causados pela retirada de árvores alteram enormemente as condições ambientais para a sobrevivência e o desenvolvimento das florestas tropicais (LAURANCE, 1999; LAURANCE *et al.*, 2002; DE WALT; MALIAKAL; DENSLOW, 2003). As mudanças na temperatura, umidade e disponibilidade de luz criam novos habitats que são ocupados por espécies que diferem quanto aos níveis de requerimentos (MESQUITA; DELAMÔNICA; LAURANCE, 1999; TABARELLI; MANTOVANI; PERES, 1999). Estes impactos mudam a composição das comunidades, as quais iniciam processos de sucessão secundária. Nesta situação, não somente a composição de espécies, mas também a dinâmica da floresta passa a ser diferente das florestas primárias (CONDIT; HUBBEL; FOSTER, 1995; NASCIMENTO *et al.*, 2005).

A velocidade com que o ambiente irá responder a essas alterações é dependente de diversos fatores como histórico de uso da terra (CHAZDON, 2003; METZGER *et al.*, 2009), tipo e extensão do distúrbio (CHAZDON, 2003), tamanho e conectividade dos fragmentos vegetacionais (METZGER *et al.*, 2009), condições de áreas vizinhas, como estado de preservação e grau de isolamento (LAURENCE *et al.*, 2002), proximidade das fontes de espécies, esporos e sementes (DUNN, 2004) e a diversidade funcional das comunidades de plantas e animais existentes nestas florestas secundárias (WALKER, 1992; BIHN, 2008). Segundo Arroyo-Mora *et al.* (2005², citados por Chazdon *et al.*, 2009), além das características dos fragmentos florestais locais, a dinâmica espacial e temporal da paisagem influenciam o

² ARROYO-MORA, J.P.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, A.; RIVARD, B.; CALVO, J.C.; JANZEN, D.H. Dynamics in landscape structure and composition for the Chorotega region, Costa Rica, from 1960 to 2000. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.106, p.27-39, 2005.

estabelecimento, a composição de espécies e a continuidade das florestas secundárias.

A grande ocupação humana e as mudanças na cobertura do solo estão ocorrendo rapidamente nos trópicos, levando a uma extrema fragmentação das florestas, formação de áreas isoladas, aumento dos efeitos de borda e redução da área dos fragmentos nativos (METZGER *et al.*, 2009). Estas florestas tropicais secundárias, juntamente com as florestas maduras degradadas (pela construção de estradas, exploração seletiva, incêndios recorrentes, fragmentação), compreendem aproximadamente metade das florestas tropicais remanescentes no mundo (ITTO, 2002³ citado por CHAZDON *et al.*, 2009). Entretanto, apesar da contínua conversão e degradação das florestas, a cobertura florestal está aumentando em diversos países ao redor do mundo. Florestas estão se regenerando em antigas áreas agrícolas e florestas estão sendo plantadas para fins comerciais e de restauração, as quais podem melhorar os serviços do ecossistema e favorecer a conservação da biodiversidade (CHAZDON, 2008).

A vegetação secundária na região costeira de Paraná foi classificada em fases sucessionais de acordo com seu grau de desenvolvimento. As fases iniciais são conhecidas como capoeirinhas, onde predominam desde samambaias do gênero *Pteridium* e gramíneas do gênero *Paspalum*, até arbustos dos gêneros *Vernonia*, *Baccharis* e árvores de pequeno porte dos gêneros *Leandra*, *Miconia* e *Tibouchina*. A fase intermediária é conhecida como capoeira, onde predominam espécies arbóreas de rápido crescimento, dos gêneros *Tibouchina*, *Myrsine*, *Cecropia* e *Trema* (VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991). Os estágios avançados compreendem desde capoeirões até florestas secundárias. As árvores ultrapassam 15 metros de altura e apresentam dossel bastante uniforme. Na floresta atlântica do sul e sudeste 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; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991; SEMA, 2002).

Liebsch, Goldenberg e Marques (2007) avaliaram as mudanças florísticas e ecológicas em comunidades de plantas que sofreram distúrbio em 18 áreas de

³ ITTO (International Tropical Timber Organization). **ITTO guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forests**. ITTO Policy development series 13. ITTO, Yokohama, Japan, 2002.

Floresta Atlântica no Sul e Sudeste do Brasil, com idades que variaram de 4 a 120 anos pós-distúrbio. Os autores encontraram correlações significativas e positivas entre a idade do fragmento e a riqueza de espécies, a proporção de espécies zoocóricas, de espécies não-pioneiras, de espécies de sub-bosque e de espécies com distribuição restrita (endêmicas). Por meio de análises de regressão estimaram que aquelas florestas necessitam de 100 a 300 anos para alcançarem a proporção de espécies zoocóricas (80% das espécies), de espécies não-pioneiras (90%) e de espécies de sub-bosque (50%), encontrada nas florestas maduras. E para atingir os níveis de endemismo de uma floresta madura são necessários de um a quatro mil anos (40% das espécies). Dessa forma, os distúrbios causados e a subsequente sucessão secundária nos fragmentos da Floresta Atlântica levam a mudanças na composição de espécies (diminuição de espécies endêmicas) e nas características ecológicas (diminuição de espécies zoocóricas, não-pioneiras e de sub-bosque) das comunidades de plantas, as quais, entretanto, podem se recuperar gradualmente ao longo de centenas de anos.

Devido à perda generalizada das florestas maduras nos trópicos, as florestas secundárias provavelmente exercerão papel importante na conservação da biodiversidade. Espera-se que o valor de conservação de uma floresta secundária aumente com o tempo, a medida que se acumulem espécies provenientes dos fragmentos de florestas primárias remanescentes. Estudos têm mostrado que tanto as florestas primárias como as secundárias são importantes para a persistência de espécies florestais em paisagens antropizadas (CHAZDON *et al.*, 2009).

2.3 CICLAGEM DE NUTRIENTES

Os elementos químicos, incluindo todos os elementos essenciais para a vida, tendem a circular na biosfera em caminhos característicos, que vão do ambiente para os organismos e de volta para o ambiente. Esses caminhos mais ou menos circulares são conhecidos como ciclos biogeoquímicos. A área da Ciência que estuda estes ciclos é conhecida como Ciclagem de Nutrientes (ODUM; BARRETT, 2007).

Em um ecossistema florestal os nutrientes encontram-se distribuídos em quatro compartimentos básicos: o compartimento orgânico, composto de organismos vivos e seus restos; o compartimento de nutrientes disponíveis na solução do solo ou adsorvidos nas superfícies do complexo argila-húmus; o compartimento das rochas onde os nutrientes estão temporariamente indisponíveis; e o compartimento atmosférico, onde os nutrientes encontram-se na forma de gases e partículas em suspensão (BORMANN; LIKENS, 1970).

A ciclagem de nutrientes é um dos principais processos que regulam o funcionamento e o desenvolvimento de um ecossistema florestal. É o resultado de várias fases: absorção, assimilação e armazenamento dos nutrientes na biomassa, retorno ao solo com a matéria orgânica ou chuvas, acumulação e decomposição na superfície do solo e, finalmente, mineralização, a qual torna os nutrientes novamente disponíveis para serem assimilados pela vegetação (MASON, 1980; HAAG *et al.*, 1985; DELITTI, 1995). Apesar da circulação de nutrientes ocorrer também devido aos processos abióticos como a precipitação, particularmente da atmosfera e de águas correntes, a grande quantidade de nutrientes vem da matéria orgânica através da decomposição (HAAG *et al.*, 1985; POGGIANI, 1992; ARCHIBOLD, 1995).

Segundo Odum e Barrett (2007), o padrão de ciclagem de nutrientes nos trópicos, especialmente no trópico úmido, é diferente do padrão das zonas temperadas do norte. Em regiões frias, uma grande porção de material orgânico e dos nutrientes disponíveis está sempre situada no solo e na serapilheira, enquanto nos trópicos uma porcentagem muito maior está localizada na biomassa e é reciclada rapidamente no interior da estrutura orgânica do sistema, auxiliada por algumas adaptações biológicas para a conservação dos nutrientes. Jordan e Herrera (1981) enumeraram diversos mecanismos de conservação de nutrientes

desenvolvidos pelas florestas tropicais, principalmente aquelas situadas em ambientes oligotróficos. Dentre estes se destacam: formação de um emaranhado de raízes finas que absorvem os nutrientes diretamente da serapilheira antes que sejam lixiviados; associação de micorrizas com o sistema radicular das plantas, funcionando como uma armadilha de nutrientes; desenvolvimento de folhas com cutículas espessas e cerosas que retardam a perda de água e nutrientes das árvores e diminuem o ataque de herbívoros e parasitas; formação de uma casca externa grossa, a qual inibe a difusão dos nutrientes para fora do floema e perda por escoamento da água da chuva pelo tronco; entre outros.

2.3.1 Deposição de serapilheira e nutrientes

Existem diversas vias pelas quais os nutrientes podem retornar ao solo: (1) através da deposição e decomposição da serapilheira (incluindo raízes em decomposição); (2) através da precipitação, enriquecida pela lavagem da atmosfera e da deposição seca sobre a vegetação; (3) através da lixiviação de nutrientes da biomassa viva (folhas, galhos, troncos) e morta (serapilheira) ocasionada pela precipitação. Dentre estas, a serapilheira é a principal via de retorno da matéria orgânica e dos nutrientes da parte aérea da comunidade vegetal para a superfície do solo (SPAIN, 1984).

A serapilheira pode ser dividida em serapilheira fina e serapilheira grossa. A primeira é representada por folhas, flores, frutos, sementes, inflorescências, casca e ramos com no máximo 2 cm de diâmetro. Os ramos com mais de 2 cm de diâmetro, galhos e troncos formam a serapilheira grossa. A maioria dos trabalhos utiliza a serapilheira fina para estimar a deposição de detritos orgânicos em florestas, pois a deposição da serapilheira grossa é ocasional e localizada (MASON, 1980). Portanto, são necessários períodos mais longos de monitoramento e parcelas amostrais maiores para a redução do erro a níveis satisfatórios.

Na literatura encontra-se referência a diversos fatores que influenciam a deposição de serapilheira: vegetação (plantada, nativa, estágio sucessional, características genéticas, fenologia, idade, densidade de indivíduos, área basal), ambiente (latitude, altitude, relevo, exposição), clima (precipitação, temperatura, disponibilidade de luz durante a estação de crescimento, comprimento do dia, evapotranspiração), solo (umidade, fertilidade), herbivoria e concentração de

poluentes na atmosfera, entre outros (BRAY; GORHAM, 1964; EWEL, 1976; MASON, 1980; SPURR; BARNES, 1980; BRITEZ, 1994; CORREIA; ANDRADE, 1999). Chandrashekara e Ramakrishnan (1994⁴, citados por Herbohn e Congdon, 1998), mencionam que os padrões de ciclagem de nutrientes via serapilheira provavelmente mudam durante a sucessão e devem ser afetados pelo tipo de clareira, intensidade do distúrbio e idade da floresta.

O padrão anual de deposição de serapilheira é muito diverso entre os ecossistemas. Enquanto em florestas decíduas típicas ocorre uma queda total do material em um curto espaço de tempo, nas florestas perenifólias se observa uma deposição contínua ao longo do ano. No entanto, é mais comum se observar situações em que ocorre deposição de material durante todo o ano, com picos de maior ou menor intensidade em alguns períodos, relacionados a fatores ambientais e genéticos (DELITTI, 1989). As florestas localizadas em regiões que apresentam duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa, tendem a atingir um pico de deposição foliar no final da estação seca como estratégia de minimização dos efeitos de escassez de água (DELITTI, 1984). Entretanto, Pagano (1985) não encontrou correlação entre a produção de folheto e fatores abióticos, sugerindo uma estratégia selecionada ao longo do processo evolutivo dos ecossistemas. Os resultados encontrados por este autor corroboram com a hipótese proposta por Santos *et al.* (1984) de que alguns parâmetros vitais à manutenção dos ecossistemas terrestres não são afetados por variações climáticas que diferem das condições normais, possuindo estratégias adquiridas através de um processo evolutivo das comunidades vegetais.

Em locais sempre úmidos, como a Floresta Atlântica, a maior produção de serapilheira normalmente coincide com o período de maior pluviosidade (JACKSON, 1978). Além das variações sazonais, Bray e Gorham (1964) relatam que variações entre os diferentes anos podem também ocorrer, de modo que deposições anormais em certos anos podem ser ocasionadas por fortes tempestades, ataques de insetos, secas e baixas temperaturas.

A quantidade e a qualidade dos nutrientes transferidos ao solo via deposição de serapilheira é muito variável entre as florestas tropicais e depende das

⁴ CHANDRASHEKARA, U.M.; RAMAKRISHNAN, P.S. Successional patterns and gap phase dynamics of a humid tropical forest of the Western Ghats of Kerala, India: ground vegetation, biomass, productivity and nutrient cycling. **Forest Ecology and Management**, v.70, p.23-40, 1994.

características funcionais de cada elemento no metabolismo das plantas, da presença ou ausência de mecanismos de conservação de nutrientes, das condições edafoclimáticas, das exigências nutricionais das espécies, da parte da planta considerada, da fenologia, da época do ano, da composição florística, do estágio sucessional e da metodologia empregada na avaliação (GOLLEY *et al.*, 1978; MEGURO; VINUEZA; DELITTI, 1979; FASSBENDER; GRIMM, 1981; JORDAN; HERRERA, 1981; VITOUSEK; SANFORD, 1986; CUEVAS; MEDINA, 1986; BRITZ, 1994).

2.3.2 Acúmulo e decomposição da serapilheira

A serapilheira acumulada sobre o solo tem importante papel na dinâmica dos ecossistemas, pois as transformações que ocorrem neste compartimento são responsáveis pela maior parcela do fluxo de energia dentro do sistema (PRITCHETT, 1979). A decomposição da serapilheira influencia na construção da matéria orgânica do solo, na liberação de nutrientes para o crescimento das plantas, e no fluxo de CO₂ a partir do solo (WARDLE *et al.*, 2003). Desse modo, a decomposição da serapilheira é sem dúvida um processo crítico para a manutenção da fertilidade e da produtividade do ecossistema (PRESCOTT, 2005).

A quantidade de serapilheira acumulada é variável de acordo com o ecossistema considerado e seu estado sucessional, podendo ser maior ou menor que a quantidade depositada anualmente em função das diferentes taxas de decomposição (OLSON, 1963). Segundo Caldeira *et al.* (2008), o acúmulo de serapilheira varia em função de diversos fatores como espécie, estágio sucessional, idade, época de coleta, tipo de floresta, sítio, condições edafoclimáticas, regime hídrico, sub-bosque, manejo silvicultural, proporção de copa, taxa de decomposição, distúrbios naturais ou artificiais, entre outros.

Diversos fatores são responsáveis pela variação na velocidade de decomposição entre espécies, entre habitats e em anos diferentes. Os fatores mais importantes são as condições ambientais (temperatura, umidade, sazonalidade, fatores edáficos), a qualidade da serapilheira (teores de lignina, celulose, compostos fenólicos, elementos minerais, substâncias estimulantes ou alelopáticas) e a comunidade decompositora (microflora e fauna de solo) (MEENTEMEYER, 1978; MASON, 1980; SPURR; BARNES, 1980; MEGURO; VINUEZA; DELITTI, 1980;

SWIFT; ANDERSON, 1989). Os fatores climáticos ajudam a determinar as características abióticas do solo que por sua vez ajudam a determinar a qualidade da serapilheira e, por fim, a atividade e composição das comunidades de invertebrados e microorganismos do solo que irão decompor este material (LAVELLE *et al.*, 1993).

2.3.2.1 Influência do ambiente sobre a decomposição

O ambiente afeta a decomposição tanto por seu efeito sobre a qualidade da serapilheira produzida quanto por seus efeitos diretos sobre a atividade microbiana (LAMBERS; CHAPIM; PONS, 1998). A temperatura tem um efeito muito acentuado na taxa de decomposição da serapilheira, verificando-se geralmente uma diminuição na velocidade de decomposição ao longo de um gradiente decrescente de temperaturas (EDWARDS, 1977; DELITTI, 1995). Grande referência é feita na literatura quanto à maior taxa ou velocidade de decomposição da matéria orgânica nos trópicos úmidos em relação às regiões temperadas (NYE, 1961; SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979; DELITTI, 1984; SWIFT; ANDERSON, 1989; GRUBB, 1995, PRESCOTT, 2005). Como o processo de decomposição regula a quantidade de matéria orgânica no solo, nas regiões tropicais ele se torna ainda mais importante. Devido à baixa atividade da fase mineral e às restrições das condições químicas comumente encontradas nos solos das regiões tropicais, o carbono orgânico do solo desempenha o papel principal em todos os processos edafológicos, como de agregação e de suprimento de nutrientes para as plantas. Sua importância aumenta ainda mais quando ocorrem perdas de fertilidade (ZINN; RESCK; SILVA, 2002). Entretanto, tais generalizações devem ser feitas com cautela devido às peculiaridades dos diferentes ambientes e dos métodos de estudo empregados (SWIFT; ANDERSON, 1989).

Alguns autores afirmam que quando o clima é estacional, as taxas de decomposição são menores durante a estação seca (SWIFT; RUSSEL-SMITH; PERFECT, 1981). Por outro lado, quando a precipitação é mais regularmente distribuída durante o ano, as taxas de decomposição são menos variáveis, acarretando menores oscilações na serapilheira acumulada (OGAWA, 1978). O aumento na taxa de decomposição nas estações chuvosas, além da maior lixiviação, parece ter efeitos indiretos, como o aumento na atividade de organismos, tanto de

microdecompositores como de macroartrópodos que removem a serapilheira e parecem ser mais afetados pelo estresse durante a estação seca ou parte dela (WALLWORK, 1970; FOURNIER; FOURNIER, 1977). Henrot e Brussaard (1997) ressaltaram a importância de fatores microclimáticos no processo de decomposição, onde a temperatura e a umidade do solo podem ter um efeito pronunciado na velocidade de decomposição.

O arejamento do solo favorece a mineralização da biomassa, portanto haverá tendência para acumulação de matéria orgânica no solo sempre que se verifiquem baixas temperaturas ou anaerobiose no solo (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979; HAAG *et al.*, 1985).

O ambiente afeta a composição química dos tecidos vegetais e, portanto, afeta a qualidade da serapilheira. Segundo Lambers, Chapim e Pons (1998), plantas que crescem em solos férteis possuem maiores concentrações de nitrogênio e fósforo em seus tecidos e, com isso, produzem uma serapilheira mais rica nestes nutrientes. Estes autores sugerem também que, entre as espécies arbóreas, aquelas que crescem em solos pouco férteis aumentam a produção de compostos de defesa nos seus tecidos, contribuindo para uma diminuição na taxa de decomposição dos mesmos.

2.3.2.2 Influência da qualidade da serapilheira na decomposição

Várias características dos materiais vegetais vêm sendo utilizadas como índices de qualidade para predizer a velocidade de decomposição. Entre estas estão a concentração total de carbono, a concentração de lignina, o conteúdo inicial de nitrogênio, as relações C/N, C/P e lignina/N e a área específica foliar (AEF) (MELILLO; ABER; MURATORE, 1982; BRIONES; INESON, 1996; KING *et al.*, 1997; KURKA *et al.*, 2002; CHEN *et al.*, 2002; TROFYMOW *et al.*, 2002). Edwards (1977), estudando uma floresta submontana na Nova Guiné e Tanner (1981), estudando uma floresta altomontana na Jamaica, evidenciaram que quanto maior os teores de elementos minerais, em especial de N e P, maior a taxa de decomposição.

As taxas de decomposição da serapilheira são negativamente correlacionadas com a concentração de lignina nos tecidos vegetais, com a relação

lignina/N e lignina/P e com a relação C/N (BERENDSE; BERG; BOSATTA, 1987⁵; BERENDSE; BOBBINK; ROUWENHORST, 1989⁶; BERG; STAAF, 1981⁷; FOX; MYERS; VALLIS, 1990⁸, citados por LAMBERS; CHAPIM; PONS, 1998).

Observações empíricas têm sugerido que com uma relação C/N acima de 20/1, os microorganismos absorvem os nutrientes da solução do solo, o que causa a imobilização destes (PAUL; CLARK, 1989, citado por LAMBERS; CHAPIM; PONS, 1998). Conforme os microorganismos vão decompondo a matéria orgânica e utilizando o carbono para sua respiração, a relação C/N da serapilheira decresce. Portanto, os nutrientes somente passarão de uma fase de imobilização pelos microorganismos para uma fase de mineralização (liberação) quando a relação C/N atingir valores menores ou iguais a 20/1. Por isso freqüentemente observa-se um aumento na concentração de nutrientes em serapilheiras recém depositadas devido à imobilização por parte dos microorganismos e somente mais tarde ocorrerá a mineralização (LAMBERS; CHAPIM; PONS, 1998). Vários estudos demonstram que uma relação C/N baixa, baixos conteúdos de lignina e compostos secundários tornam a serapilheira mais atrativa para muitos organismos, favorecendo a decomposição (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979).

Outra característica da qualidade do material vegetal que tem influência no processo de decomposição é a vida-média da folha. Segundo Lambers, Chapim e Pons (1998), existe uma correlação negativa entre a taxa de decomposição e a vida-média da folha. Folhas que tem uma vida-média menor tendem a investir menos em compostos de defesa e por isso, decompõem mais rapidamente que aquelas de vida-média mais longa, as quais investem mais em compostos que reduzem a digestibilidade e palatabilidade, como lignina e taninos.

Galvão, Ziller e Bufrem (1991), estudando uma floresta estacional decidual em Santa Maria, RS, encontraram que a maioria das espécies de capoeira apresentou decomposição mais rápida que as espécies secundárias tardias. Ewel (1976), estudando florestas decíduais na Guatemala, não encontrou diferenças

⁵ BERENDSE, F.; BERG, B.; BOSATTA, E. The effect of lignin and nitrogen on the decomposition of litter in nutrient-poor ecosystems: A theoretical approach. **Can. J. Bot.**, v.65, p.1116-1120, 1987.

⁶ BERENDSE, F.; BOBBINK, R.; ROUWENHORST, G. A comparative study on nutrient cycling in wet heathland ecosystems. II. Litter decomposition and nutrient mineralization. **Oecologia**. v.78, n.3, p.338-48, 1989.

⁷ BERG, B. & STAAF, H. Decomposition rate and chemical changes of Scots pine needle litter. II. Influence of chemical composition. **Ecol. Bull.**, v.32, p.363-72, 1981.

⁸ FOX, R.H.; MYERS, R.J.K.; VALLIS, I. The nitrogen mineralization rate of legume residues in soil as influenced by their polyphenol, lignin, and nitrogen contents. **Plant Soil**, v.129, p.252-259, 1990.

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 hostis para organismos decompositores. Gama e Villela (2003) observaram 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-Tolosa *et al.* (2003), em floresta semidecídua no México, encontraram maiores taxas de decomposição para florestas secundárias mais avançadas do que em florestas mais jovens.

Cornwell *et al.* (2008) analisaram folhas verdes, folhas de serapilheira e taxas de decomposição de 818 espécies vegetais de 66 experimentos de decomposição realizados nos seis continentes do planeta, com o intuito de verificar o nível de influência do clima e da qualidade do material vegetal nas taxas de decomposição a nível mundial. Estes autores mostraram que as características das folhas verdes de diferentes espécies variam amplamente em um mesmo ambiente e que esta variação está associada a diferentes grupos filogenéticos e a diferentes estratégias “econômicas” desenvolvidas pelas espécies para fixação de carbono e crescimento. Esta diferenciação funcional, por sua vez, exerce grandes e consistentes efeitos nas taxas de decomposição das folhas após a senescência (serapilheira). Os autores afirmaram, ainda, que este efeito da composição foliar na taxa de decomposição é muito maior do que anteriormente estimado e maior do que a influência da variação global do clima sobre a decomposição.

2.3.2.3 Organismos decompositores da serapilheira

A decomposição é um processo essencialmente biológico, ou seja, são os organismos (invertebrados e microorganismos) os principais agentes da desestruturação química e física que ocorre após a senescência ou morte de partes ou até de indivíduos inteiros (LAVELLE *et al.*, 1993).

A microflora saprofítica envolvida na decomposição de material morto inclui bactérias e fungos (MASON, 1980). Estes organismos possuem aparatos enzimáticos, sendo os responsáveis por diversos mecanismos de síntese e degradação no solo, ora promovendo a mineralização de compostos orgânicos e a liberação de nutrientes, ora imobilizando-os em sua biomassa (SEASTED;

CROSSLEY, 1984). No entanto, apesar de uma grande capacidade de transformação química, os microorganismos possuem uma mobilidade limitada. Os invertebrados (fauna do solo), por outro lado, possuem uma capacidade enzimática limitada, restringindo-se à digestão de proteínas, lipídeos e glicídeos simples. Como outros animais, a fauna de solo não é capaz de produzir enzimas que degradam compostos como a celulose ou a lignina. Todavia, as associações de fauna com microorganismos, decorrentes tanto da ingestão simultânea com o alimento como de simbioses mutualísticas, promovem um sinergismo no sistema de decomposição. Os microorganismos, ao serem transportados pelos invertebrados do solo, obtêm uma maior dispersão no ambiente, ao passo que os invertebrados do solo, ao utilizarem as enzimas produzidas pelos microorganismos, ampliam os substratos energéticos a serem explorados (CORREIA; ANDRADE, 1999). Estas relações mutualísticas entre a microflora e a fauna do solo estão diretamente relacionadas com a qualidade da serapilheira, uma vez que estas interações são essencialmente adaptações à natureza recalcitrante da serapilheira (WARDLE; LAVELLE, 1997).

A microfauna vive associada ao filme de água do solo e compreende protozoários, rotíferos, copépodos, tardígrafos, nematódeos e outros, cujo diâmetro corporal varia de 4 a 100 μm (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979). Esses pequenos animais atuam de forma indireta na ciclagem de nutrientes através da ingestão de bactérias e fungos. A intensidade de predação pode, em muitos casos, promover a mineralização ou imobilização de nutrientes da biomassa microbiana. A mesofauna do solo apresenta diâmetro corporal entre 100 μm a 2 mm e compreende ácaros, colêmbolos, alguns grupos de miriápodes, aracnídeos e diversas ordens de insetos, alguns oligoquetos e crustáceos. Esse conjunto de organismos, apesar de extremamente dependente da umidade do solo, é caracteristicamente terrestre. As atividades tróficas destes animais incluem tanto o consumo de microorganismos e da microfauna, como a fragmentação do material vegetal em decomposição. Os animais da macrofauna do solo apresentam diâmetro corporal entre 2 e 20 mm e podem pertencer a quase todas as ordens encontradas na mesofauna, excetuando-se ácaros, colêmbolos, proturos e dipluros. Acima de 20 mm de diâmetro corporal, os invertebrados do solo passam a pertencer à categoria de megafauna, composta por algumas espécies de oligoquetos, diplópodes, quilópodes e coleópteros. Essas duas categorias têm como principais funções a fragmentação de detritos vegetais e animais da serapilheira, a predação de outros invertebrados e a modificação da

estrutura do solo através da atividade de escavação e produção de coprólitos (CORREIA; ANDRADE, 1999).

A atividade de fragmentação do material vegetal da serapilheira é uma das funções mais importantes desempenhadas pela fauna do solo, particularmente a macrofauna. Apesar de não promover grandes modificações químicas na serapilheira ingerida, ocorrem profundas modificações físicas, como a redução do tamanho com o conseqüente aumento da superfície relativa e a hidratação. Essas características, aliadas ao aumento substancial da quantidade de microorganismos que ocorre durante a passagem pelo tubo digestivo dos invertebrados da fauna de solo, tornam as fezes pontos de grande atividade de microorganismos, promovendo a decomposição e liberação de nutrientes mesmo alguns dias após a sua deposição. As fezes funcionam como um rúmen externo, ocorrendo a quebra de substâncias complexas em outras de mais fácil assimilação. Elas podem ser reingeridas pela fauna de solo, que passa a utilizar substratos que não estavam disponíveis durante a primeira ingestão (WARDLE; LAVELLE, 1997).

2.3.2.4 Cálculo das taxas de decomposição

Existem, basicamente, dois métodos para medição da taxa de decomposição: um é realizado através da quantificação da serapilheira depositada e da acumulada sobre o solo, desenvolvido por Jenny, Gessel e Bingham (1949) e Olson (1963) e o outro através do confinamento do material em bolsas de tela de náilon (litterbags) e medição da perda de massa e nutrientes ao longo de determinado período, desenvolvido por Bocock e Gilbert (1957).

No primeiro, conhecido como método indireto, a medição do quociente ou taxa de decomposição (k) é feita através da seguinte fórmula: $k = L/X_{ss}$, onde L é a quantidade de serapilheira produzida anualmente e X_{ss} é a quantidade média anual de serapilheira acumulada sobre a superfície do solo.

Martius *et al.* (2004a) questionaram a aplicabilidade do uso desta estimativa em florestas em estágios iniciais de sucessão, devido ao estado de equilíbrio (florestas maduras) preconizado por Olson (1963). Entretanto, os mesmos autores reconheceram que a relação entre serapilheira depositada e acumulada permitiria o cálculo da decomposição em todos os sistemas em que ambos os parâmetros fossem determinados ao longo de um período de tempo comparável. Estes autores

levantaram a hipótese de que a taxa de decomposição em sistemas sucessionais jovens é menor devido a uma menor produção de serapilheira e a uma comunidade decompositora não completamente desenvolvida. Conseqüentemente, a serapilheira se acumularia devido a uma menor atividade dos organismos do solo.

Para o segundo método, conhecido como método direto (litterbags), Olson (1963) desenvolveu um modelo exponencial negativo para determinar a taxa de decomposição (k) do material vegetal confinado nos sacos: $W_t = W_0 e^{-kt}$, onde W_t é a fitomassa remanescente, W_0 é o peso inicial do material, k é a taxa de decomposição e t é o tempo em que o material ficou no campo. O modelo exponencial negativo tem sido amplamente utilizado nos estudos de decomposição foliar e, segundo Didham (1997), é o modelo que melhor representa o processo biológico da decomposição.

O tempo médio necessário para a renovação do estoque de serapilheira pode ser calculado através da equação $T = 1/k$ (HOPKINS, 1966⁹), expressa em anos. Já o tempo necessário para decomposição de 50 e 95% do material vegetal é calculado através das equações $T_{0,5} = -\ln(0,5)/k$ e $T_{0,05} = 3/k$, respectivamente (OLSON, 1963).

Segundo Prescott (2005), as taxas de decomposição da serapilheira vêm sendo amplamente medidas desde que o estudo dos ecossistemas tornou-se comum nos anos 60 e que a técnica dos litterbags foi empregada pela primeira vez por Bockock e Gilbert (1957). Entretanto, a autora recomenda cautela para as generalizações feitas nos estudos de decomposição, que se leve em consideração as condições nas quais os trabalhos foram realizados e que as taxas obtidas nos períodos iniciais do processo de decomposição não devem ser extrapoladas para longos períodos.

Bockock (1962¹⁰, citado por Kampichler e Bruckner, 2009), foi o primeiro pesquisador a utilizar litterbags com diferentes tamanhos de malha para avaliar a contribuição de diferentes organismos ao processo de decomposição. Desde então, muitos estudos têm sido conduzidos com esta técnica, onde o material vegetal é acondicionado em litterbags de malhas de diferentes tamanhos, visando a exclusão dos animais do solo que excedem certo diâmetro corporal (meso- e macrofauna) e a

⁹ HOPKINS, B. Vegetation of the Olkemeji Forest Reserve, Nigéria. IV: The litter and soil with special reference to their seasonal changes. **Journal of Ecology**, v.54, p.687-703, 1966.

¹⁰ BOCKOCK, K.L. Changes in the amount of dry matter, nitrogen, carbon and energy in decomposing woodland leaf litter in relation to the soil fauna. **Journal of Ecology**, v.52, p.273-284, 1962.

comparação com os litterbags que permitem o acesso completo da fauna. O método muitas vezes é criticado pelo fato de que a taxa de decomposição medida irá mostrar somente o desaparecimento do material dos sacos, mas não a sua perda final (a maioria pode permanecer no solo fora do litterbag) ou, ainda, o peso do material vegetal remanescente pode até mesmo aumentar se partículas de solo forem transportadas para dentro dos litterbags. Entretanto, mesmo apresentando suas limitações, o método dos litterbags ainda é comumente utilizado e apropriado para testar diferentes hipóteses (HUHTA, 2007). Kampichler e Bruckner (2009) apresentam duas grandes razões para os estudos de decomposição utilizando litterbags. Primeiro, a grande variedade de tipos de serapilheira (folhas, troncos e raízes de milhares de espécies herbáceas e arbóreas, substratos naturais e artificiais puros e mistos), ecossistemas (florestas, campos, cultivos agrícolas), condições climáticas (tropical, temperada, boreal), e impactos antrópicos diretos e indiretos (cultivo, fertilizantes, pesticidas, aumento do CO₂ atmosférico) oferecem oportunidades para explorar o efeito dos microartrópodes sob uma grande combinação de fatores. Segundo, a técnica dos litterbags é relativamente simples e pouco onerosa.

Heneghan *et al.* (1998) encontraram influência dos microartrópodes (mesofauna) na decomposição de folhas de espécies arbóreas tropicais (*Drypetes glauca* e *Cedrela odorata*). Na presença destes organismos a perda de peso das folhas foi maior em relação aos tratamentos onde os microartrópodes foram eliminados com naftaleno. Os organismos dominantes foram os oribatídeos e os colêmbolos.

Experimentos de exclusão de organismos da fauna através do uso de litterbags de diferentes tamanhos de malha ou através do uso de biocidas (i.e. naftaleno) têm demonstrado a importância da fauna do solo como “controladora” das taxas de decomposição da serapilheira (ANDERSON, 1973; COÛTEAUX *et al.*, 1991; SETÄLÄ; MARSHALL; TROFYMOW, 1996; HENEGHAN *et al.*, 1998; GONZÁLEZ; SEASTEDT, 2000; HÖFER *et al.*, 2001; SCHMIDT *et al.*, 2008).

Os organismos do solo exercem efeitos diretos e indiretos na decomposição da serapilheira. No caso dos litterbags, os efeitos diretos envolvem tanto o consumo da serapilheira ou a remoção desta dos litterbags, enquanto os efeitos indiretos envolvem a modificação da ação de um organismo pela ação de outro organismo. Por exemplo, a trituração da serapilheira pelas minhocas aumentando a área

superficial para a colonização microbiana ou o consumo da biomassa de fungos pelos colêmbolos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A presente pesquisa foi realizada na Reserva Natural do Rio Cachoeira (RNRC), a qual está situada na porção oeste-noroeste da Baía de Antonina (entre as coordenadas 25°18'51"S e 48°41'45"W), no município de Antonina, região litorânea do Estado do Paraná. Faz parte da Zona de Conservação da Vida Silvestre da Área de Proteção Ambiental (APA) de Guaraqueçaba. A Reserva pertence à ONG Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS) e possui uma área de 8.600 ha.

A Reserva é cercada ao norte e a leste pela Serra do Mar, ao sul pelo estuário dos rios Cachoeira e Faisqueira e a oeste por um trecho de planície cruzado pelos rios Cacatu, do Nunes, Xaxim e Curitibaíba, que também encontra o sopé da referida Serra do Mar. A bacia hidrográfica em que está inserida a RNRC é a da Baía de Antonina, cujo principal rio é o Cachoeira, que drena cerca de 700 km² nos seus 48 km de extensão e banha parte da Reserva (SPVS, 2005).

A localidade escolhida para a realização da presente pesquisa, conhecida como "Gervásio", localiza-se ao norte da Reserva Natural do Rio Cachoeira.



FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA RESERVA NATURAL RIO CACHOEIRA
 FONTE: SPVS/LABSIG, 2005.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA

Nas porções serranas da RNRC o tipo climático característico, definido por Koeppen, é o subtropical úmido mesotérmico (Cfa), com a temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C, porém superior a -3 °C, e o mais quente apresentando temperatura média superior a 22 °C. A região está sujeita à geadas pouco freqüentes e há precipitações regulares todos os meses, sem apresentar estação seca definida. Devido à expressão do seu relevo com bruscas variações altimétricas, a temperatura média sobre esse ambiente diminui cerca de 0,6 °C a cada 100 m de altitude. As precipitações nas encostas atingem valores entre 3300 a 3450 mm, abastecendo uma rede fluvial que desempenha um papel fundamental no sistema de drenagem da planície, onde os valores médios situam-se ao redor de 1976 mm (MAACK, 2002).

As médias mensais de comprimento do dia para o período do estudo são mostradas na Figura 2. Estes valores foram obtidos através do Anuário Interativo do Observatório Nacional (disponível no site <http://euler.on.br/ephemeris/index.php>) para o município de Antonina, PR.

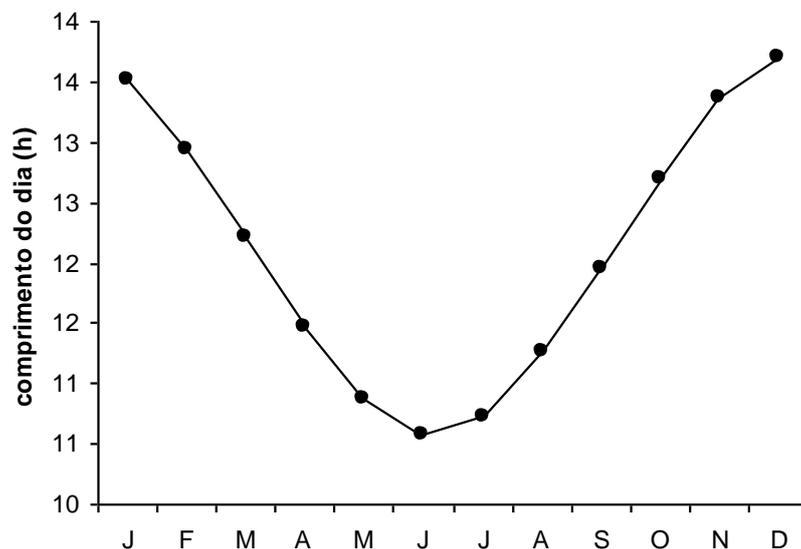


FIGURA 2 - MÉDIAS MENSAIS DE COMPRIMENTO DO DIA DO PERÍODO DE 2004 A 2007.

Nas Figuras 3 a 6 são mostrados os dados meteorológicos históricos (1999 a 2009) e dos anos de estudo (2004, 2005, 2006 e 2007, respectivamente) da Estação Meteorológica de Antonina, PR, obtidos junto ao Sistema Meteorológico do

Paraná (SIMEPAR). A distância da estação meteorológica para a Reserva do Cachoeira é de aproximadamente 10 km.

No ano 2004 (Figura 3), em dois terços do outono (abril e maio), a precipitação ficou acima da média histórica (36 e 76%, respectivamente). Em julho e dezembro, a precipitação ficou novamente acima da média (66 e 46%, respectivamente). Já nos meses de junho, agosto e setembro a chuva ficou em torno de 46% abaixo da média. A velocidade do vento ficou acima da média em aproximadamente 60% do ano (7 meses), sendo que em março observou-se um aumento de 20%. Para a radiação solar, dois meses se destacaram com valores acima da média: fevereiro (13%) e agosto (30%). A temperatura média do ano 2004 foi bastante similar à média histórica, com um pequeno aumento (8%) somente no mês de setembro.

Em 2005 (Figura 4), a precipitação foi superior à média nos meses de abril, agosto e setembro (62, 60 e 90%, respectivamente) e em torno de 50% inferior em fevereiro, maio, junho, julho e novembro. A velocidade do vento foi 24% superior em agosto. No inverno, a radiação solar foi 23% superior à média.

Em 2006 (Figura 5), dois grandes picos de precipitação se destacaram: março (73% acima da média) e novembro (75%). Por outro lado, de meados do outono até o final do inverno (abril a agosto), a precipitação foi inferior à média, sendo que em julho este valor foi de 71%. Com relação à velocidade do vento, vale destacar que em setembro foi 15% superior. A temperatura média foi bastante similar à histórica e a radiação solar 33% superior em janeiro.

Em 2007 (Figura 6), de maneira oposta ao ocorrido em 2006, a precipitação no outono e inverno foi superior à média (87% acima em maio). Em mais de 90% do ano, a velocidade do vento foi inferior à média. Já temperatura média e radiação solar foram bastante similares às médias históricas, com exceção do mês de março onde a radiação foi 20% superior.

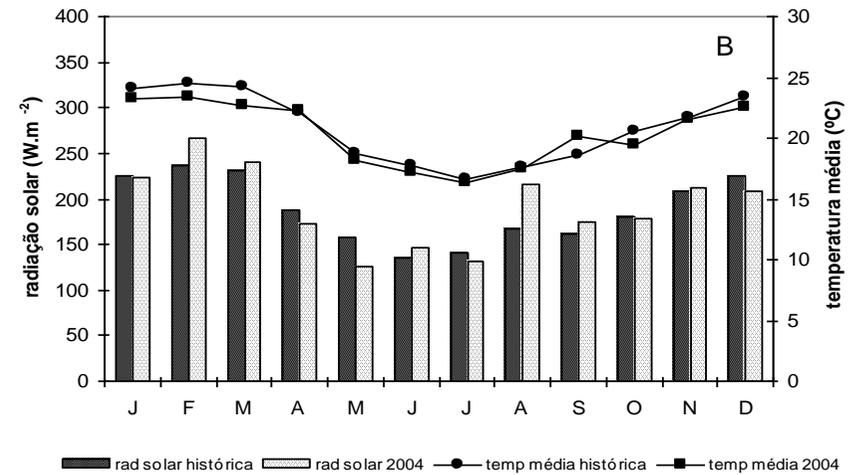
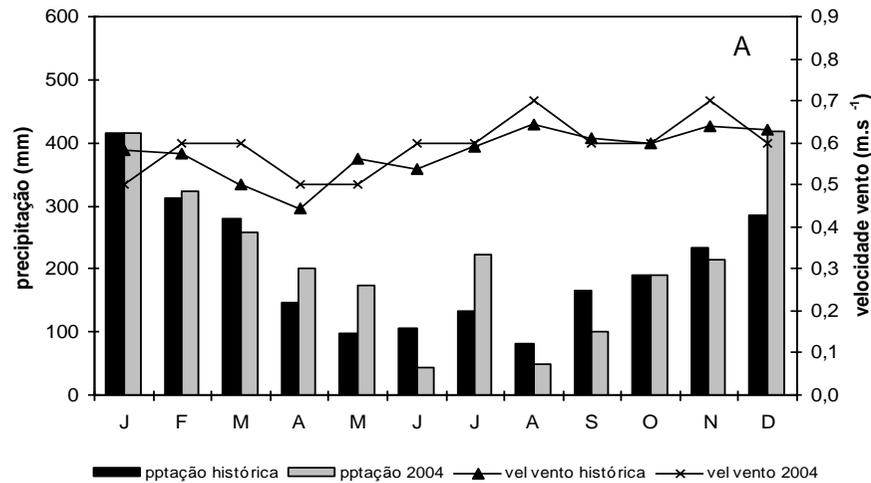


FIGURA 3 - DADOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS E DO ANO 2004 DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANTONINA, PR. A. PRECIPITAÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO. B. RADIAÇÃO SOLAR E TEMPERATURA MÉDIA (FONTE: SIMEPAR, 2009).

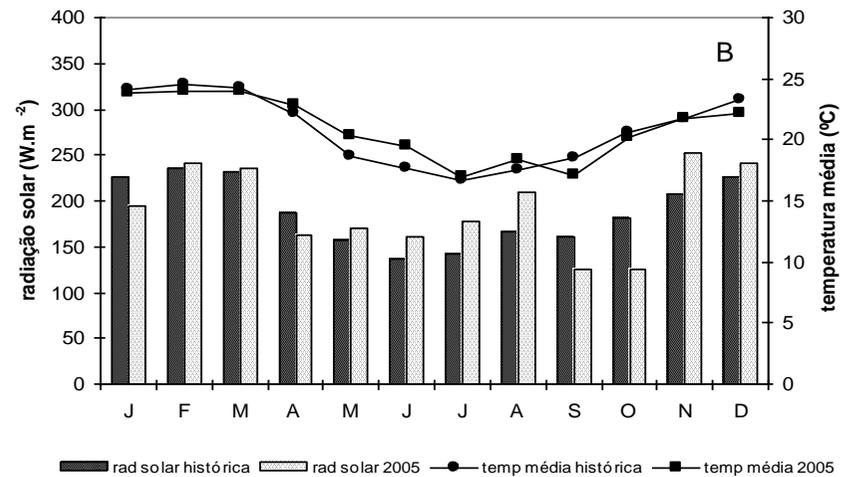
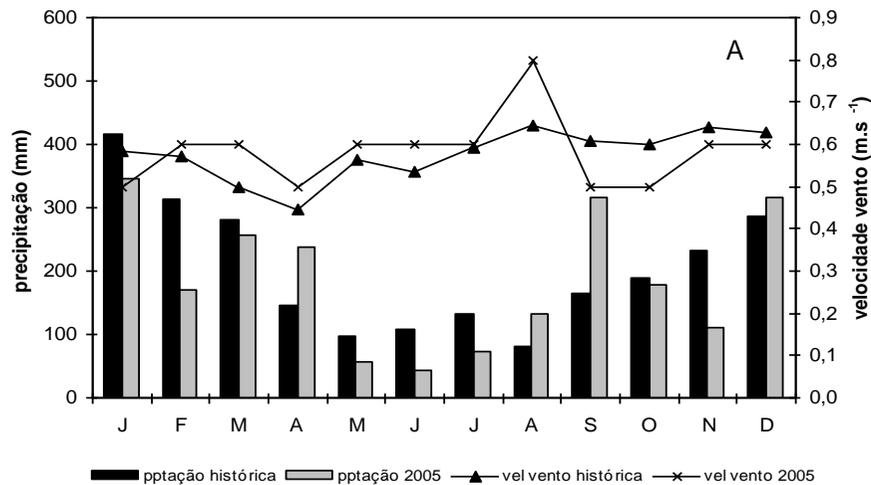


FIGURA 4 - DADOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS E DO ANO 2005 DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANTONINA, PR. A. PRECIPITAÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO. B. RADIAÇÃO SOLAR E TEMPERATURA MÉDIA (FONTE: SIMEPAR, 2009).

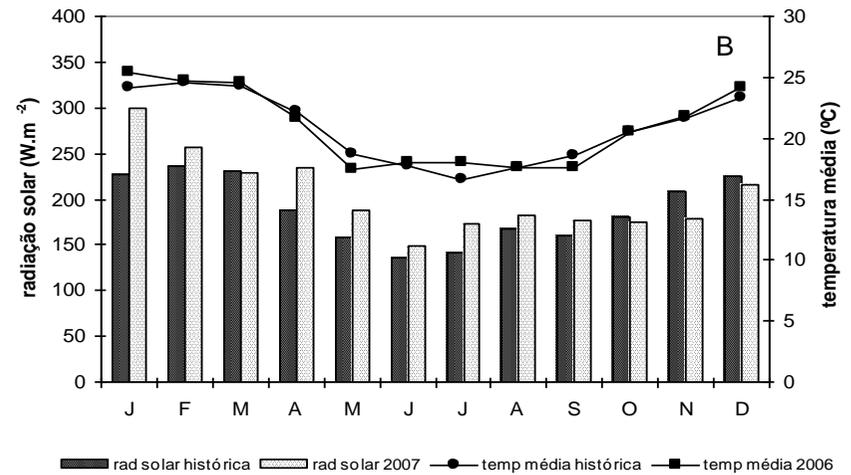
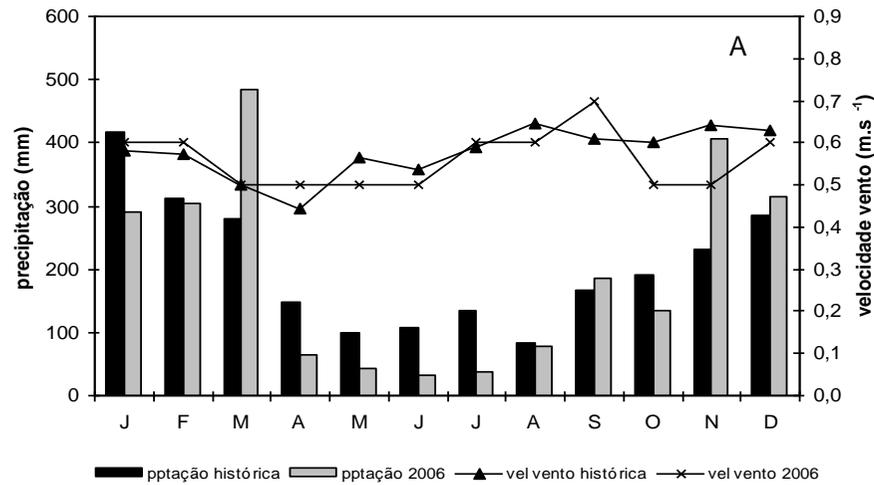


FIGURA 5 - DADOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS E DO ANO 2006 DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANTONINA, PR. A. PRECIPITAÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO. B. RADIAÇÃO SOLAR E TEMPERATURA MÉDIA (FONTE: SIMEPAR, 2009).

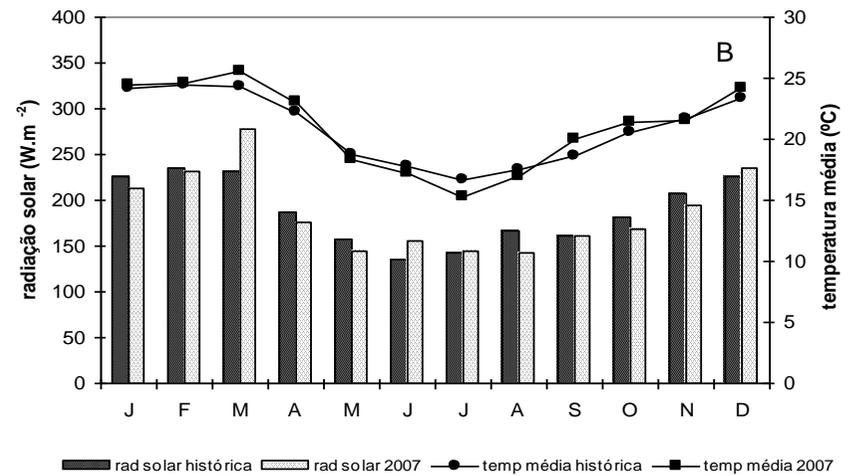
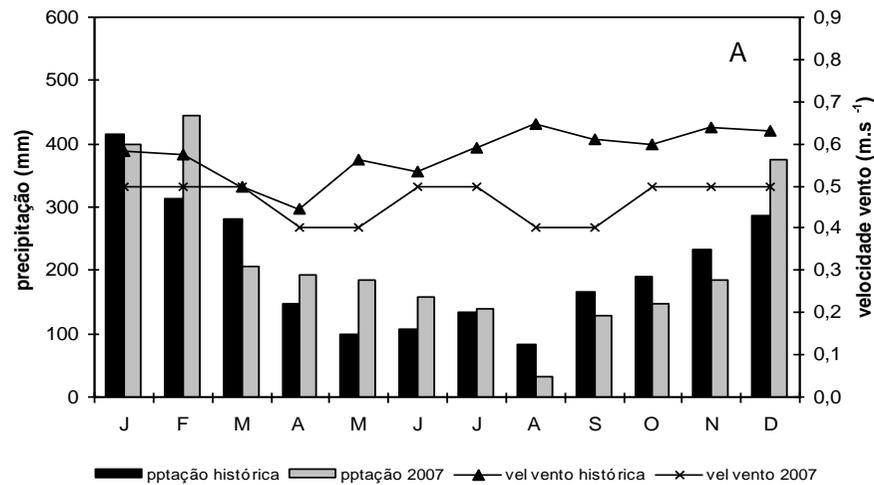


FIGURA 6 - DADOS CLIMÁTICOS HISTÓRICOS E DO ANO 2007 DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE ANTONINA, PR. A. PRECIPITAÇÃO E VELOCIDADE DO VENTO. B. RADIAÇÃO SOLAR E TEMPERATURA MÉDIA (FONTE: SIMEPAR, 2009).

3.3 CARACTERIZAÇÃO DA GEOMORFOLOGIA E DOS SOLOS

A planície litorânea do Estado do Paraná possui cerca de 10 a 20 km de largura, atingindo um máximo de 50 km na Baía de Paranaguá. É constituída de formações arenosas de restinga, paludais terrestres, manguesais e de terrenos de aluvião terrestre nas proximidades do complexo cristalino. É limitada a leste pelo oceano e a oeste pela Serra do Mar e suas ramificações (BIGARELLA; BECKE; SANTOS, 1994).

Na área de estudo ocorrem dois domínios geológicos principais: o das rochas do embasamento 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 ambientes de sedimentação atuais (IPARDES, 2001; ANGULO, 2004).

O aspecto fisiográfico da superfície desta paisagem fundamenta-se num complicado processo de tectonismo de falha que abrange a maior parte da orla continental oriental da América do Sul. As tensões geradas sobre a crosta terrestre provocaram zonas de abaixamento na borda leste do continente sul-americano, submergindo no mar antigos vales do Terciário e formando as baías de Paranaguá e Guaratuba (MAACK, 2002).

Com a compensação das tensões tectônicas iniciaram-se levantamentos epirogênicos durante o Quaternário Antigo ou Pleistoceno, os quais ainda continuam atuantes. Estes movimentos originaram a regressão sucessiva das águas do mar dos vales submersos, iniciando-se, assim, com o movimento negativo da praia, um processo muito ativo de erosão terrestre e de sedimentação dos detritos de decomposição, assim como dos produtos de destruição pela ação marinha. Portanto, os sedimentos quaternários soltos foram depositados imediata e discordantemente sobre a antiga base gnais-granítica. O ritmo do levantamento epirogênico é documentado pelos antigos níveis de aplainamento, planos de abrasão marinha, cavas de ressaca, falésias e elevações gnais-graníticas já ligadas à terra pela firme sedimentação e pela altitude das planícies de sedimentação marinha, ou tabuleiros (MAACK, 2002).

O litoral é constituído, em sua maior parte, por plagioclásio-gnaisses do arqueano e granitos intrusivos do neo pré-cambriano e mais recentes. Entretanto,

rochas algonquianas como quartzitos, itabiritos, filitos e calcários também participam da constituição geológica. A região litorânea da Serra do Mar é formada por cadeias de montanhas paralelas na direção N 60° e N 30° E, com alguns cumes culminantes e contrafortes rumo N 45°W, que alcançam 270 a 750 m s.n.m. Destacam-se o morro da Faisqueira, o espigão do Feiticeiro e Serrinha com 720 a 850 m s.n.m (MAACK, 2002).

Na RNRC ocorrem Neossolos, Cambissolos, Argissolos e Gleissolos. Nas parcelas escolhidas para este estudo predominam Cambissolos (fases sucessionais inicial e avançada) e Argissolos (fase sucessionária média) (FERRETI; BRITZ, 2005).

A classe dos Argissolos compreende solos constituídos por material mineral, com presença de horizonte B textural (Bt) imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico. Grande parte dos solos desta classe apresenta incremento no teor de argila do horizonte superficial (A) para o horizonte B, cuja transição pode ser clara, abrupta ou gradual. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte B, sempre havendo aumento de argila daquele para este. São forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta ou baixa e predominantemente caulínicos. A profundidade é variável, desde forte a imperfeitamente drenados e as cores geralmente são avermelhadas ou amareladas podendo, ainda, apresentar cores brunadas ou acinzentadas (EMBRAPA, 2006).

A classe dos Cambissolos compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente (Bi) subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro. Assim, a classe comporta desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho escuro, e de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração argila. O horizonte B incipiente tem textura franco-arenosa ou mais argilosa, e o *solum*, geralmente, apresenta teores uniformes de argila, podendo ocorrer ligeiro decréscimo ou um pequeno incremento de argila do A para o Bi (EMBRAPA, 2006).

Corrêa (2007) fez a caracterização química da camada superficial do solo mineral (0-10 cm) nas mesmas áreas deste estudo. Os resultados encontrados pelo autor são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 - ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO DAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA, NA CAMADA DE 0-10 CM.

ATRIBUTO	FASE SUCESSIONAL		
	INICIAL	MÉDIA	AVANÇADA
pH CaCl ₂	3,71	3,28	3,70
Al ⁺³	2,68	5,39	2,36
H ⁺ + Al ⁺³	10,68	14,87	10,72
Ca ⁺²	0,64	0,30	0,55
Mg ⁺²	0,61	0,40	0,54
K ⁺	0,16	0,15	0,15
Na ⁺	0,07	0,07	0,07
T	12,16	15,91	12,01
P	5,33	10,81	4,88
C	37,63	37,58	32,79
V	11,87	5,78	10,77

Adaptado de CORRÊA (2007).

Uma análise comparativa das três fases mostrou que os solos das fases INI e AVA possuem características químicas bastante semelhantes. Já a MED diferiu das demais na maioria dos atributos determinados. Os valores de Al⁺³, H⁺ + Al⁺³, T e P foram maiores e os de Ca⁺², Mg⁺² e V% foram menores em relação às outras fases. O pH variou de 3,3 a 3,7 entre as três áreas. De forma geral, os parâmetros pH, Ca⁺² e P são considerados baixos, K⁺ e Mg⁺² médios e Al⁺³ altos (CORRÊA, 2007).

3.4 CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO

A cobertura vegetal das serras circundantes é a Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica), em suas formações Submontana, Montana e Altomontana. Na planície, além das Formações Pioneiras com Influência Fluvial (pântanos, várzeas e caxetais) e com Influência Flúvio-marinha (manguezais) também ocorre a Floresta Ombrófila Densa Aluvial e das Terras Baixas. Além destes tipos de cobertura vegetal, ocorrem, ainda, os diferentes Estádios de Sucessão Secundária e usos atuais do solo, como pastagens e agricultura, derivados do uso da terra antes da aquisição pela SPVS (SPVS, 2005).

A vegetação da área de estudo é classificada como “Floresta Ombrófila Densa Submontana”, situada entre 20 e 600 m de altitude (IBGE, 1992).

A área que hoje pertence à RNRC e seus arredores foi intensivamente explorada no passado para extração de madeira na base das montanhas e deflorestada na planície para a instalação de pastagens e da agricultura (SPVS/TNC, 2000). Portanto, a Reserva é caracterizada pela ocorrência de extensas áreas de florestas secundárias, sendo a maioria localizada na planície e sob influência do lençol freático (Gleissolos hidromórficos) ou na encosta de montanhas em solos originários de rochas ácidas do período neopré-cambriano.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram selecionadas três áreas em diferentes fases sucessionais, denominadas fase inicial (INI), fase média (MED) e fase avançada (AVA). Cada fase sucessional foi representada por dez parcelas de 100 m² cada, totalizando 1.000 m² (Figura 7). A distância aproximada entre as áreas é de 250 m entre as fases INI e MED e de 900 m entre estas e a fase AVA.

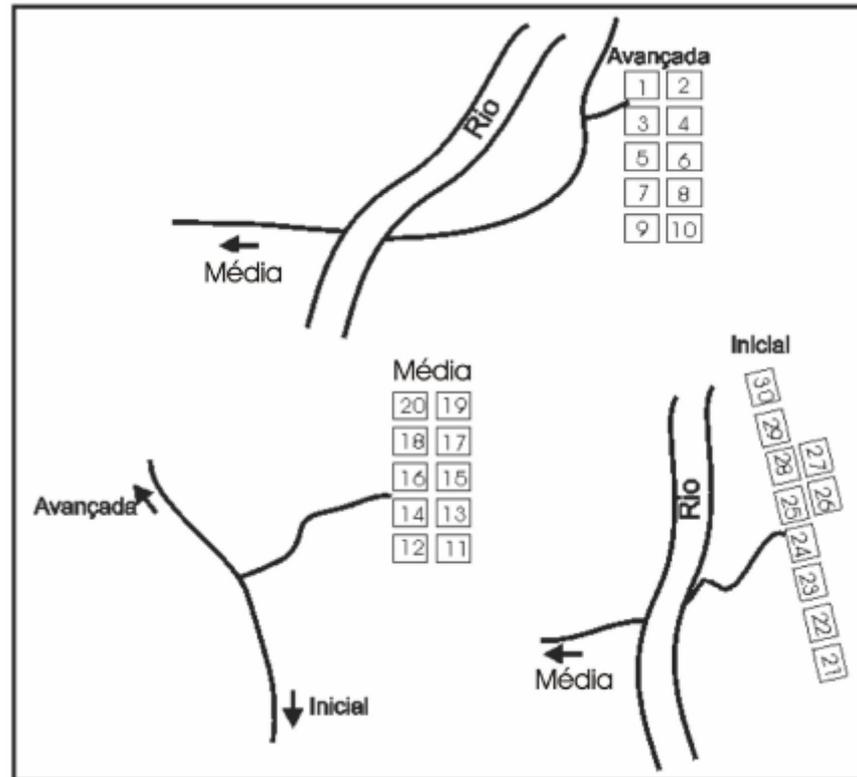


FIGURA 7 - CROQUI DA DISPOSIÇÃO DAS PARCELAS NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA NA RESERVA NATURAL DO RIO CACHOEIRA, ANTONINA, PR
 FONTE: CORRÊA (2007).

A fase INI (Figura 8A) situa-se sobre Cambissolo e foi utilizada no passado pela pastagem. Atualmente (ano de 2007) é considerada uma formação pioneira com densidade de 1890 ind.ha⁻¹, dos quais 1240 ind.ha⁻¹ (66%) correspondem a uma espécie predominante, a *Tibouchina pulchra* (Cham.) Cogn. A densidade de árvores nesta área é pequena em relação às fases MED e AVA, devido ao desenvolvimento de um sub-bosque menos expressivo. A riqueza e a área basal também são menores em relação às demais áreas, com apenas 9 espécies arbóreas (em 1.000 m²) e 21,5 m².ha⁻¹, respectivamente. Depois da *T. pulchra*, a espécie mais abundante na área é *Myrsine coriacea* (Sw.) R.Br. e Roem. & Schult. (LIEBSCH; GOLDENBERG; MARQUES, 2007).

A fase MED (Figura 8B) está situada sobre Argissolo e foi utilizada no passado para o cultivo da mandioca. Atualmente (ano de 2007) a densidade é de 3.006 ind.ha⁻¹, sendo a maior densidade das três áreas estudadas. Esta maior densidade deve-se à presença de um dossel contínuo, com algumas espécies representadas por populações abundantes (principalmente *Sloanea guianensis* (Aubl.) Benth e *Hyeronima alchorneoides* Allemao) e de um sub-bosque bem

desenvolvido (*Bathysa meridionalis* L.B. Sm. & Downs, *Psycotria suterella* Müll. Arg., *Psycotria nuda* (Cham. & Schltl.) Wawra e *Rudgea jasminoides* (Cham.) Müll. Arg.). A riqueza também é maior em relação às demais fases sucessionais, com 63 espécies arbóreas (em 1.500 m²). Provavelmente, esta maior riqueza seja devido ao sub-bosque mais denso (maior entrada de luz), o que elevou o número de espécies. A área basal (34,8 m².ha⁻¹) também é maior do que na fase INI (LIEBSCH; GOLDENBERG; MARQUES, 2007).

A fase AVA (Figura 8C) está situada sobre Cambissolo e no passado sofreu a retirada de madeira com valor comercial. Atualmente (ano de 2007) a densidade é de 1.600 ind.ha⁻¹, inferior à densidade das fases INI e MED. Embora o sub-bosque da fase AVA seja relativamente denso, o dossel apresenta indivíduos de grande porte (diâmetro à altura do peito superior a 40 cm) com densidades baixas. A riqueza é um pouco menor em relação à fase MED (56 espécies arbóreas em 1.500 m²) e a área basal maior (40,1 m².ha⁻¹). Aumento de área basal associado a uma menor densidade indica aumento do porte dos indivíduos na fase AVA. As espécies mais comuns são: *Marlieria tomentosa* Cambess., *Psycotria nuda* (Cham. & Schltl.) Wawra, *Euterpe edulis* Mart., *Marlieria obscura* O. Berg., entre outras (LIEBSCH; GOLDENBERG; MARQUES, 2007).

Com relação à similaridade florística entre as três fases, segundo Liebsch; Goldenberg; Marques (2007), aparentemente houve uma rápida modificação florística nos primeiros anos da sucessão, o que pode ser evidenciado pela menor similaridade entre as fases INI e MED (CSj* = 5,8%) e entre as fases INI e AVA (CSj = 3,3%), e uma lenta entrada de novas espécies nos períodos posteriores, evidenciado pela maior semelhança entre as fases MED e AVA (CSj = 29,2%).

* Coeficiente de Similaridade de Jaccard (CSj).

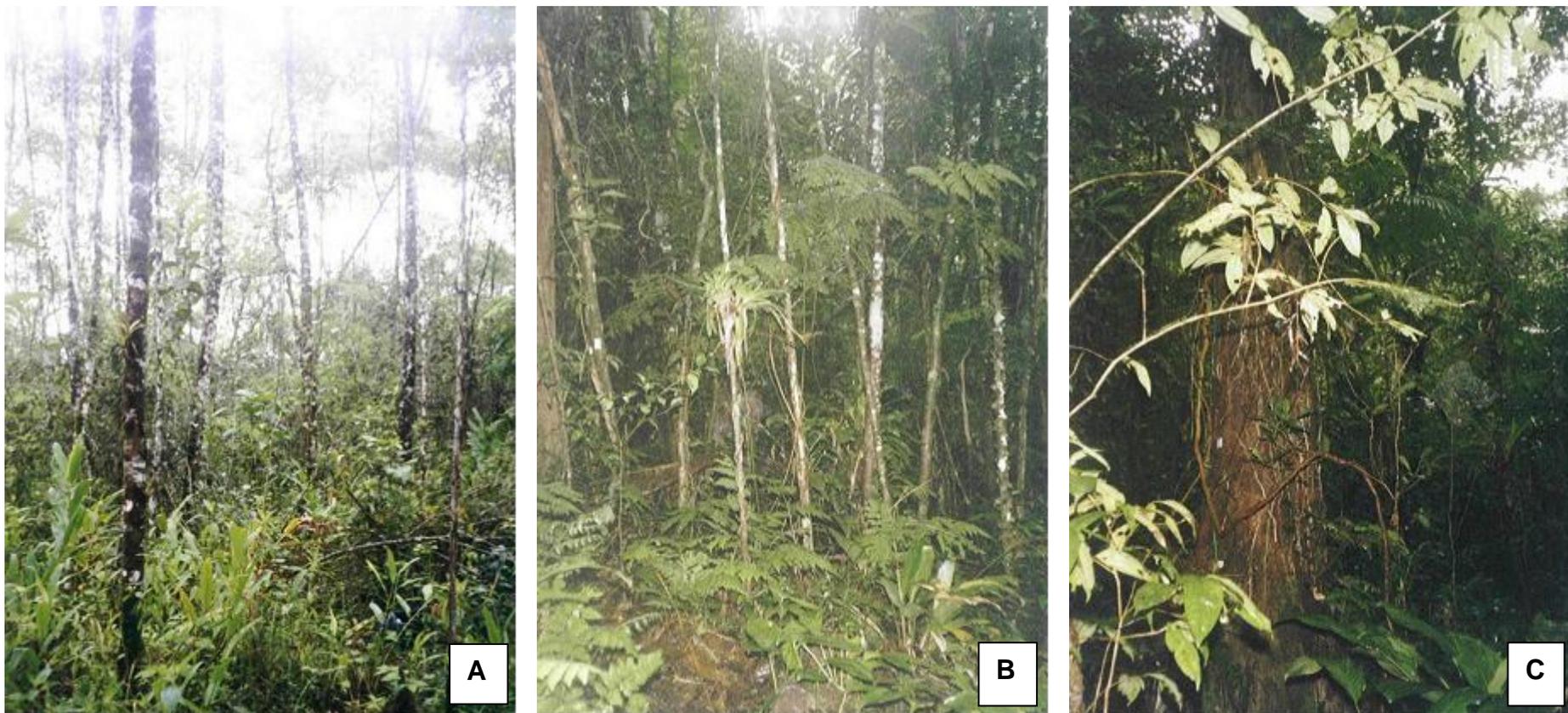


FIGURA 8 - VISTA INTERNA DAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL (A), MÉDIA (B) E AVANÇADA (C) NA RESERVA NATURAL DO RIO CACHOEIRA. ANTONINA, PR.

3.5 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

3.5.1 Serapilheira depositada

Para a coleta de serapilheira foram instalados coletores circulares de 0,25 m², confeccionados com tubos de PVC e tela de náilon de 2 mm². Foram instalados, diagonalmente, dois coletores em cada parcela de 100 m² totalizando 20 coletores por fase sucessional e 60 coletores na área total (3.000 m²) (Figura 9).

As coletas foram realizadas a cada três semanas, de abril de 2004 a março de 2007, sendo o material depositado nos 20 coletores de cada fase, agrupado em uma única amostra. Esse agrupamento foi realizado em cada data de coleta.

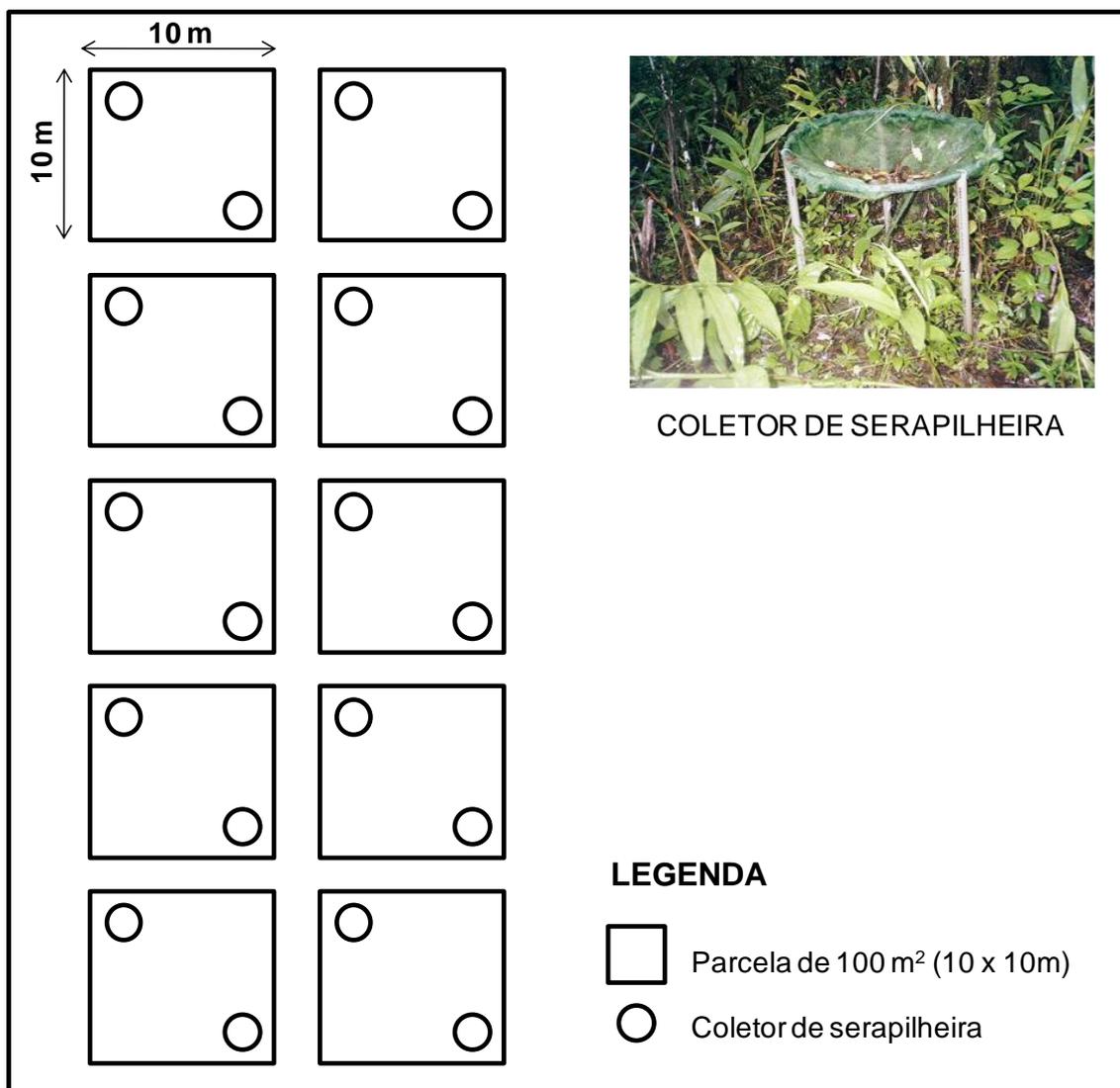


FIGURA 9 – DISPOSIÇÃO DOS COLETORES NAS PARCELAS.

O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos e levado para a Universidade, onde foi secado primeiramente ao ar livre, transferido para sacos de papel, secado novamente em estufa a $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 72 horas e pesado. Posteriormente, a serapilheira foi triada nas seguintes frações:

Espécies Seleccionadas: fração composta pelas folhas de algumas espécies arbóreas seleccionadas pelo seu maior valor de importância (VI) e/ou maior ocorrência nos coletores de serapilheira (Tabela 2).

TABELA 2 - RELAÇÃO DAS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS FASES INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA E SEUS RESPECTIVOS VALORES DE IMPORTÂNCIA (VI), EM PORCENTAGEM.

FASE	FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME COMUM	VI (%) ¹
INI	Melastomataceae	<i>Tibouchina pulchra</i> (CHAM.) COGN.	Jacatirão	177,2
	Myrsinaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. e Roem. & Schult	Capororoca	61,1
MED	Rubiaceae	<i>Bathysa meridionalis</i> L.B. SM. & DOWNS	Cajujão	33,6
	Elaeocarpaceae	<i>Sloanea guianensis</i> (AUBL.) BENTH.	Laranjeira-do-mato	32,4
	Phyllanthaceae	<i>Hyeronima alchorneoides</i> ALLEMÃO	Licurana	28,9
	Euphorbiaceae	<i>Alchornea</i> sp.	Tapiá	13,7
AVA	Myrtaceae	<i>Marlieria tomentosa</i>	Guapurunga	45,6
	Elaeocarpaceae	<i>Sloanea guianensis</i> (AUBL.) BENTH.	Laranjeira-do-mato	18,2
	Phyllanthaceae	<i>Hyeronima alchorneoides</i> ALLEMÃO	Licurana	7,6
	Urticaceae	<i>Pourouma guianensis</i> AUBL.	Embaubarana	4,5
	Euphorbiaceae	<i>Alchornea</i> sp.	Tapiá	-

¹ Corresponde à soma da densidade, frequência e dominância relativas.

Fração Folhas (F): composta pelas folhas das demais espécies que ocorreram no coletor e que não entraram na listagem anterior.

Fração Ramos (R): composta pelos ramos com até 2 cm de diâmetro.

Fração Órgãos Reprodutivos (OR): composta pelas flores, frutos e sementes.

Fração Miscelânea (M): composta de todo o material, de origem animal e/ou vegetal, que sobrou da triagem e não se enquadraram nas frações anteriores.

Após a triagem, o material foi novamente acondicionado em sacos de papel, secado em estufa a $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas e pesado. Esta nova pesagem serviu para se conhecer, individualmente, o peso de cada fração da serapilheira.

O material de cada fração foi agrupado por estação do ano, homogeneizado, moído em moinho tipo Wiley e reservado para posteriores determinações químicas.

Em todas as frações de serapilheira por estação do ano (ao longo de 3 anos) foram determinados os teores de carbono (C), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn).

Para a determinação dos teores de C e N e relação C/N foram pesados entre 15 e 20 mg do material finamente moído em moinho de bola FRITSCH e incinerado em analisador elementar de CHNOS vario EL III.

Para a determinação dos teores de P, Ca, Mg, K, Na, Fe, Cu, Mn e Zn utilizou-se a metodologia da digestão seca, descrita por Martins e Reissmann (2007). A determinação dos teores de Ca, Mg, Fe, Cu, Mn e Zn foi realizada em Espectrofotômetro de Absorção Atômica AA-6200 Shimadzu; K e Na em Espectrofotômetro de Emissão Perkin Elmer 2380 e P por colorimetria em Espectrofotômetro UV/VIS Shimadzu modelo 1240-Mini.

3.5.2 Serapilheira acumulada

A serapilheira acumulada sobre o solo foi coletada com o uso de um gabarito de madeira de 50 x 50 cm (0.25 m²), a cada 6 semanas, de maio de 2004 a fevereiro de 2005. Em cada data de coleta, foi coletado o material orgânico em 5 pontos aleatórios em cada fase sucessional, totalizando 15 amostras na área total.

O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos, levado para a Universidade, secado ao ar livre e triado nas seguintes frações:

Fração Folhas Recém Depositadas (FR): composta por folhas recém-caídas das árvores, com poucos sinais de decomposição;

Fração Folhas em Decomposição (FD): composta por folhas mais velhas, já apresentando sinais de decomposição, porém ainda relativamente inteiras e distinguíveis;

Fração Ramos (R): composta pelos ramos com até 2 cm de diâmetro;

Fração Órgãos Reprodutivos (OR): composta pelas flores, frutos e sementes acumuladas sobre o solo.

Fração Peneira (PE): composta por material de origem animal e/ou vegetal que passou por uma peneira de 9 mm.

Após a triagem, o material foi acondicionado em sacos de papel, secado em estufa a $60 \pm 5^\circ\text{C}$ e pesado.

As dez amostras coletadas dentro de uma estação (cinco por data de coleta) foram agrupadas, homogeneizadas e desta amostra composta foi retirada uma sub-amostra, a qual foi moída em moinho tipo Wiley e reservada para posteriores determinações químicas.

Das amostras das frações peneira foram retiradas sub-amostras de 5 g (base seca) para estimativa da contaminação do material por partículas de solo mineral. Para tanto, o material foi incinerado em mufla a 100°C por uma hora e em seguida a 700°C por duas horas. Posteriormente, o material resultante da queima (cinzas) foi solubilizado com 10 ml de HCl 3N em placa aquecida a 70°C por 7-10 min, filtrado em papel filtro quantitativo faixa azul e, finalmente, pesado o material remanescente no papel filtro para determinação do conteúdo de cinzas relativo ao solo mineral e correção dos pesos secos destas frações. A metodologia utilizada foi adaptada de Santos e Whitford (1981).

Nas frações da serapilheira acumulada durante as estações do ano 2004 foram determinados os teores de C, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Mn e Zn. A determinação destes elementos seguiu a mesma metodologia já descrita no item 3.5.1. As determinações químicas possibilitaram a obtenção da concentração destes elementos na serapilheira, as quais são expressas em g.kg^{-1} para o C, N, P, K, Ca, Mg e Na e em mg.kg^{-1} para o Fe, Cu, Mn e Zn. Com os valores de concentração e quantidade de serapilheira depositada foram calculadas as quantidades de nutrientes transferidas pela serapilheira, as quais são expressas em kg.ha^{-1} para os macronutrientes e em g.ha^{-1} para os micronutrientes.

3.5.3 Ensaio de decomposição foliar

Para a realização do experimento de decomposição foliar utilizou-se o método direto, ou seja, com o uso de sacos de decomposição ou *litterbags*, do termo em inglês como são comumente conhecidos.

Como o objetivo do ensaio foi avaliar a ação da fauna de solo sobre a decomposição da serapilheira de diferentes fases sucessionais, selecionou-se uma espécie arbórea pioneira, típica das fases iniciais da sucessão e com valor de importância elevado na fase INI (VI = 177%), a *Tibouchina pulchra* Cogn. (jacatirão), e uma espécie secundária-tardia, ocorrendo nas fases intermediárias e avançadas da sucessão, a *Sloanea guianensis* Aubl. Benth. (laranjeira-do-mato) (VI = 32 e 18%, nas fases MED e AVA, respectivamente).

As folhas destas duas espécies foram coletadas na RNRC diretamente das árvores, em fase de maturidade fisiológica (outono de 2004), trazidas para o laboratório e secadas a temperatura ambiente.

Foram confeccionados litterbags de 25 x 25 cm de lado com os seguintes tamanhos de malha: 0,02 mm (pequena), 0,5 mm (média) e 4 mm (grande). Foram colocadas 14g de folhas da espécie *T. pulchra* e 10g de folhas da espécie *S. guianensis* em cada litterbag, separadamente. Foram utilizados estes três tamanhos de malha com o objetivo de avaliar a influência de diferentes grupos da fauna de solo sobre o processo de decomposição. Considerando-se a classificação de tamanho de fauna pelo diâmetro corporal proposta por Swift, Heal e Anderson (1979): microfauna (< 0,1 mm), mesofauna (0,1 – 2,0 mm) e macrofauna (> 2,0 mm), as malhas utilizadas realizaram a exclusão/inclusão dos organismos decompositores conforme apresentado no Quadro 1.

QUADRO 1 – ESQUEMA DE EXCLUSÃO/INCLUSÃO DOS ORGANISMOS DECOMPOSITORES DA SERAPILHEIRA CONFORME TAMANHO DA MALHA UTILIZADA NO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO COM LITTERBAGS.

MALHA DO LITTERBAG	EXCLUSÃO	INCLUSÃO
GRANDE (4 mm)	Macrofauna > 4 mm	Macrofauna < 4 mm Mesofauna Microfauna Microflora
MÉDIA (0,5 mm)	Macrofauna Mesofauna entre 2 e 0,5 mm	Mesofauna entre < 0,5 mm Microfauna Microflora
PEQUENA (0,02 mm)	Macrofauna Mesofauna Microfauna entre 0,1 e 0,02 mm	Microfauna < 0,02 mm Microflora

O experimento foi instalado em agosto de 2004 com a distribuição dos litterbags em campo. Em cada fase sucessional (INI, MED e AVA) foram selecionadas oito das dez parcelas para a condução do estudo. Em cada uma das fases foram distribuídos 240 litterbags (2 espécies x 3 malhas x 5 datas de coleta x 8 parcelas), totalizando 720 litterbags (240 x 3 fases).

Em cinco diferentes períodos de tempo, 48 litterbags de cada fase (2 espécies x 3 malhas x 8 parcelas) foram retirados do campo e levados para o laboratório para avaliação da perda de peso e determinação da composição química. Os períodos das coletas foram os seguintes: 42, 87, 125, 196 e 252 dias para *T. pulchra* e 42, 87, 125, 252 e 364 dias para *S. guianensis*. No planejamento do experimento pretendia-se realizar a coleta dos litterbags nos mesmos períodos, porém, durante a condução do experimento observou-se que as folhas de *T. pulchra* estavam decompondo-se muito rapidamente, decidiu-se antecipar a quarta e quinta coletas para que houvesse material suficiente para ser analisado. As datas que correspondem aos períodos das coletas acima mencionados são as seguintes: 17/09/04, 01/11/04, 09/12/04, 18/02/05 e 15/04/05 para *T. pulchra* e 17/09/04, 01/11/04, 09/12/04, 15/04/05 e 05/08/05 para *S. guianensis*.

A cada coleta, o material foi levado para a Universidade, retirado dos litterbags, colocado em sacos de papel e secado em estufa a $65 \pm 5^\circ\text{C}$ por 72 horas. Depois de seco e pesado, o material foi moído em moinho tipo Wiley e guardado em sacos de papel para posteriores determinações e análises.

Como as folhas confinadas nos litterbags ficaram em contato com o solo, foi necessário corrigir o peso da fitomassa remanescente de cada retirada do campo para evitar erros mais graves por causa da contaminação com material abiótico. A determinação do peso sem cinzas foi feita através da queima de dez amostras de 1g de folhas em estufa a 600°C durante três horas e posterior pesagem.

Para o estudo da dinâmica dos nutrientes ao longo do processo de decomposição, foram determinados os teores de C, N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Mn e Zn em três dos oito litterbags (oito parcelas) retirados do campo a cada data de coleta. Também foram determinados os teores dos mesmos elementos acima mencionados em amostras de folhas das duas espécies antes da instalação do experimento. A determinação destes elementos seguiu a mesma metodologia já descrita no item 3.5.1.

3.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para a realização das análises estatísticas, primeiramente foi verificado o cumprimento das condicionantes da análise de variância: variâncias homogêneas; erros aleatórios, independentes e normalmente distribuídos; e médias e variâncias não correlacionadas. Quando alguma destas condicionantes não foi satisfeita no conjunto de dados em análise, procedeu-se à transformação dos mesmos (logaritmo, raiz quadrada, arco-seno). Quando os dados não cumpriram tais condicionantes mesmo após transformação, utilizou-se a análise não-paramétrica.

Na análise paramétrica realizou-se a ANOVA, seguido de teste de comparação de médias (Teste de Fisher LSD 95%). Na análise não-paramétrica utilizou-se Teste de Mann-Whitney. Foram realizadas também análises de agrupamento para encontrar similaridades entre as folhas das espécies pelo aspecto nutricional. Para tanto foi utilizada a distância euclidiana e o método Ward's de ligação para a geração de dendrogramas. Todos os cálculos estatísticos foram realizados com o software Statistica 7.0.

A sazonalidade da deposição da serapilheira foi avaliada através do uso de métodos multivariados com os dados de deposição e variáveis meteorológicas (temperatura média, precipitação, radiação solar e velocidade do vento) ao longo do período do estudo. O uso deste tipo de análise objetivou encontrar possíveis relações dentro deste conjunto de dados, ou seja, verificar quanto as variáveis explicativas (variáveis meteorológicas) poderiam explicar da variabilidade das variáveis de resposta (deposição de serapilheira).

Segundo Sousa (2010), nos métodos multivariados, as diferentes medidas (variáveis) podem ser separadas em variáveis de resposta, as quais medem o efeito, e variáveis explicativas, as quais estão relacionadas com a causa. Os métodos multivariados são utilizados para se detectar e representar a estrutura existente entre os dados (amostras *versus* variáveis de resposta) e relacionar esta estrutura com as variáveis explicativas (variáveis de resposta *versus* variáveis explicativas). Estes métodos apresentam a vantagem de analisar todas as variáveis simultaneamente. Dentre os métodos disponíveis estão a análise de similaridade, cujas medidas obtidas podem ser utilizadas para construir "clusters" (dendrogramas), e os métodos de ordenação, os quais reduzem a complexidade dos dados, representando-os num sistema de novas variáveis ou novas dimensões (eixos).

Estes métodos são utilizados quando se deseja conhecer a estrutura existente num conjunto de dados (exemplos: análise de componentes principais - PCA, análise de correspondência - CA). As amostras e as variáveis de resposta são projetadas num sistema de eixos onde o eixo 1 (um) explica uma porcentagem da variabilidade do conjunto de dados, o eixo 2 (dois) explica outra porcentagem menor, e assim sucessivamente. O objetivo, portanto, deste tipo de análise é encontrar a relação (caso ela exista) entre dois conjuntos de dados (variáveis de resposta e variáveis explicativas). Existem duas formas para se atingir este objetivo: 1. Análise indireta (ex.: PCA, CA + variáveis explicativas passivas); 2. Análise direta (ex.: RDA, CCA) ou análise canônica ou condicionada (“constrained”).

A análise indireta é utilizada para detectar a estrutura existente num conjunto de dados (ex.: estrutura da comunidade). Inicia-se com uma ordenação normal, onde os valores (coordenadas) de um eixo particular podem ser interpretados como o gradiente de uma variável ambiental e podem ser utilizadas técnicas de regressão para analisar esta relação. Neste tipo de análise não há uma entrada (input) direta de variáveis explicativas na fase inicial da análise.

A análise direta, por sua vez, é utilizada para detectar e prever a estrutura existente no conjunto de dados com base em variáveis explicativas (variáveis ambientais) selecionadas *a priori* (ex: fertilidade do solo, uso do solo, temperatura do ar, precipitação, topografia, etc). Inicia-se a análise com dois conjuntos de dados que são representados no mesmo diagrama e as relações entre os dois conjuntos de variáveis são derivadas desse diagrama, ou seja, o diagrama representa a variabilidade explicada pelas variáveis explicativas. Há uma entrada direta das variáveis explicativas no início da análise.

Existem dois modelos de resposta a estas análises (tanto para a direta quanto para a indireta): **linear** ou **unimodal**. No modelo linear (PCA, RDA), cada espécie assume uma resposta linear em relação ao eixo (gradiente) e a coordenada é o declive da linha. Porém, mesmo numa resposta unimodal, se o comprimento do gradiente for pequeno (< 3), a resposta será linear.

No modelo unimodal (CA, CCA, DCA), cada espécie assume uma resposta unimodal em relação ao eixo (gradiente) e a coordenada é o centro da curva. Esse modelo assume que cada espécie possui um valor ótimo dentro do gradiente ambiental. Se o comprimento do gradiente for maior do que 4 (quatro) a resposta será unimodal. O Quadro 2 resume o exposto anteriormente.

QUADRO 2 – PRINCIPAIS MÉTODOS DE ORDENAÇÃO UTILIZADOS EM ANÁLISE MULTIVARIADA.

TIPO ANÁLISE	TIPO DE ORDENAÇÃO	RESPOSTA	
		LINEAR	UNIMODAL
INDIRETA	ORDENAÇÃO SIMPLES (NÃO CONDICIONADA)	ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA)	ANÁLISE DE CORRESPONDÊNCIA (CA)
DIRETA	ORDENAÇÃO CANÔNICA (CONDICIONADA)	ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA (RDA)	ANÁLISE DE CORRELAÇÃO CANÔNICA (CCA)

Para saber o comprimento do gradiente, primeiramente fez-se uma DCA (Detrended Correspondance Analysis) com os dados das variáveis de resposta (deposição de serapilheira). Como o gradiente foi menor do que 3 (três) em todas as fases sucessionais, o conjunto de dados apresentava uma resposta linear. Dentre os métodos de ordenação com resposta linear (PCA e RDA) optou-se pela RDA (Redundancy Analysis) pois já se conhecia o conjunto de variáveis explicativas (variáveis meteorológicas) que se queria analisar, ou seja, seria uma análise condicionada (constrained). Os resultados destas análises são mostradas nas Tabelas 7, 8 e 9 (item 4.1.3).

Após a realização da RDA para cada uma das fases sucessionais, utilizou-se o Teste de Monte Carlo, o qual é um teste de permutações que permite avaliar a robustez (significância) dos resultados. Foram testadas a significância do primeiro eixo e dos demais eixos canônicos, baseado na hipótese da nulidade, ou seja, de que as variáveis de resposta não estão correlacionadas com as variáveis explicativas (ambientais). Foi calculado um valor de F para os dados (F_0) baseado na % de variância explicada; e o nível de significância [$p = (1 + n)/(1 + N)$], onde n é o número de permutações onde $F > F_0$ e N é o número total de permutações. Como os valores de $p < 0,05$, então a hipótese da nulidade foi rejeitada, ou seja, as variáveis de resposta e as explicativas estavam correlacionadas. Os resultados deste teste encontram-se na Tabela 7 (item 4.1.3). Estas análises foram realizadas no software CANOCO 4.5.

No ensaio de decomposição foliar, a taxa de decomposição (k) foi determinada através do modelo exponencial desenvolvido por Olson (1963), $W_t = W_0 e^{-kt}$, onde:

W_t = fitomassa remanescente (%)

W_0 = peso inicial do material, o qual foi utilizado sempre como 100%

e = exponencial

k = taxa de decomposição

t = tempo em que o material ficou no campo (dias)

Este modelo foi utilizado por ser amplamente citado na literatura e por possibilitar o cálculo da taxa de decomposição independente do período de exposição e do número de retiradas do campo, bem como do intervalo entre as mesmas. Através das equações ajustadas para cada espécie, tamanho de malha e fase sucessional foi possível calcular a taxa de decomposição (k). Os coeficientes de determinação ajustados (R^2 aj) foram bastante altos, variando de 0,77 a 0,93 (Figuras 37 e 38). A taxa de decomposição anual (k anual) foi obtida pela multiplicação do k pelo período de um ano (356 dias).

Posteriormente realizou-se uma análise de variância (ANOVA), verificando-se primeiramente o cumprimento das condicionantes da análise. A taxa de decomposição foi comparada entre espécies, fases, malhas e espécie-malha (Figura 39). O teste de comparação de médias utilizado foi o de Fischer LSD 95%. O ajuste do modelo exponencial foi realizado no software SigmaPlot 8.2 e os demais cálculos estatísticos no software Statistica 7.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 SERAPILHEIRA DEPOSITADA

4.1.1 Produção anual de serapilheira

Nos Anexos 1, 2 e 3 são apresentados os valores de deposição de cada fração da serapilheira e total ao longo das datas de coleta nos quatro anos do estudo (2004 a 2007), nas fases sucessionais INI, MED e AVA, respectivamente. Na fase INI, a deposição total anual foi estimada em 5371, 4877, 5528 e 5026 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ nos anos 2004, 2005, 2006 e 2007, respectivamente. Na fase MED foi estimada em 5065, 5054, 6291 e 5188 kg.ha⁻¹.ano⁻¹. E na fase AVA, em 5124, 5182, 5697 e 5290 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ (Tabela 3). Esta variação inter-anual na deposição observada para as três fases pode ser visualizada graficamente através das Figuras 10, 11 e 12 (fases INI, MED e AVA, respectivamente). Diversos trabalhos tem relatado a existência de variação inter-anual na produção de serapilheira (SWIFT; RUSSEL-SMITH; PERFECT, 1981; CUEVAS; MEDINA, 1986; SUNDARAPANDIAN; SWAMY, 1999; MARTIUS *et al.*, 2004a), sugerindo que os estudos de deposição devem ser conduzidos por diversos anos (CUEVAS; MEDINA, 1986).

As referências encontradas na literatura quanto ao padrão de deposição em florestas secundárias são controversas. Enquanto alguns trabalhos apontam para maiores produções de serapilheira em estádios sucessionais mais avançados (SANCHEZ; ALVAREZ-SANCHEZ, 1995¹²; MCDONALD; HEALY, 2000¹³, citados por PINTO *et al.*, 2008; DANTAS; PHILLIPSON, 1989; WERNECK; PEDRALLI; GIESEKE, 2001; MARTIUS *et al.*, 2004a; PINTO *et al.*, 2008), outros indicam que a deposição de serapilheira em estágios sucessionais iniciais e médios devem ser maiores do que em florestas maduras (EWEL, 1976; KELLMAN, 1970; ONG; GONK; WONG, 1981; LEITÃO FILHO *et al.*, 1993). Neste estudo não se observou nenhum dos padrões citados, pois as três fases sucessionais apresentaram em média a mesma deposição de serapilheira (5201, 5399 e 5323 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ nas fases INI, MED e AVA, respectivamente, sem diferença estatística significativa). Além disso, o

¹² SANCHEZ, G.R.; ALVAREZ SANCHEZ, J. Litterfall in primary and secondary tropical forests of México **Tropical Ecology**, v.36, p.191-201, 1995.

¹³ McDONALD, M.A.; HEALY, J.R. Nutrient cycling in secondary forests in the Blue Mountains of Jamaica. **Forest Ecology and Management**, v.139, p.257-278, 2000.

padrão geral de deposição de cada ano foi muito similar entre as fases, havendo mais diferenças na deposição entre os anos dentro de cada fase do que entre as mesmas. Este comportamento sugere que a deposição de serapilheira nestas áreas varie mais em função das variações climáticas do que em relação às diferenças da vegetação entre as três fases sucessionais.

Cuevas e Medina (1986), estudando três tipos de floresta na região amazônica da Venezuela (Terra Firme, Caatinga e Bana) encontraram que, apesar da grande diferença entre os três sítios, houve uma alta correlação entre as curvas de deposição de serapilheira, sugerindo que fatores comuns estariam regulando a deposição nos três ambientes. Leitão Filho *et al.* (1993), em florestas secundárias atlânticas em Cubatão (SP) em diferentes fases sucessionais, também encontraram padrão qualitativo de deposição semelhante entre as áreas. Britez (1994), avaliando a deposição de serapilheira em duas formações vegetais denominadas de “restinga baixa” e “restinga alta” no litoral do Paraná, encontrou que a deposição total de serapilheira ocorreu na mesma época nas duas formações. O autor concluiu, portanto, que as diferenças florísticas, estruturais e edáficas existentes entre as áreas não interferiram no padrão sazonal de queda de serapilheira. Bencke e Morellato (2002), estudando a fenologia de espécies arbóreas na floresta atlântica em Ubatuba (SP), observaram que populações localizadas em tipos florestais diferentes, porém próximas entre si e sujeitas às mesmas condições climáticas mantêm, em geral, o mesmo comportamento fenológico.

A quantidade de serapilheira depositada sobre o solo, em florestas tropicais em geral, varia de 4 a 25 t.ha⁻¹.ano⁻¹ (GOLLEY *et al.*, 1978). Na Floresta Ombrófila Densa Atlântica, os estudos já realizados estimaram quantidades variando de 1,8 a 9,5 t.ha⁻¹.ano⁻¹, porém a maioria encontrou-se entre 5 e 8 t.ha⁻¹.ano⁻¹. Alguns trabalhos encontrados na literatura mostraram valores de deposição de serapilheira em Floresta Ombrófila Densa Amazônica (várzea, igapó e terra firme) similares à deposição da Floresta Ombrófila Mista (entre 6,1 e 9,4 t.ha⁻¹.ano⁻¹). Já para as florestas estacionais (deciduais e semideciduais), a quantidade de estudos realizados é maior e mostra uma maior amplitude nas quantidades depositadas (2,2 a 11,7 t.ha⁻¹.ano⁻¹) (Tabela 4).

As quantidades estimadas no presente estudo, 5,3 t.ha⁻¹.ano⁻¹ em média, estão próximas às encontradas por Leitão Filho *et al.* (1993) (4,5 a 5,7 t.ha⁻¹.ano⁻¹) em florestas secundárias caracterizadas originalmente pela ocorrência da Floresta

Ombrófila Densa Submontana, por Britez (1994) em restinga inundável sobre Espodossolo ($5,2 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), por Pires *et al.* (2006) também em restinga sobre Espodossolo (5,1), por Rocha (2006) em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas em fase inicial da sucessão secundária (também sobre Espodossolo) (5,3), por Mello (1995) em Floresta Estacional Semidecidual sobre arenito infértil (5,5) e por Werneck, Pedralli e Gieseke (2001) em uma floresta secundária jovem caracterizada pela Floresta Estacional Semidecidual, sobre Neossolo (5,1) (Tabela 4).

TABELA 3 – DEPOSIÇÃO (kg.ha⁻¹) DE SERAPILHEIRA TOTAL AO LONGO DAS DATAS DE COLETA NOS ANOS 2004 A 2007, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.

FASE INICIAL							
ANO 2004	DEP	ANO 2005	DEP	ANO 2006	DEP	ANO 2007	DEP
13/01/04	214,1	08/01/05	205,0	09/01/06	197,8	11/01/07	585,7
05/02/04	392,1	29/01/05	430,2	26/01/06	331,6	30/01/07	301,1
27/02/04	249,5	18/02/05	409,7	16/02/06	218,0	22/02/07	317,7
21/03/04	328,5	12/03/05	250,0	09/03/06	301,0	15/03/07	302,2
12/04/04	361,3	05/04/05	255,1	30/03/06	285,6	05/04/07	440,8
03/05/04	255,2	01/05/05	170,5	18/04/06	428,2	26/04/07	204,1
20/05/04	206,6	28/05/05	177,0	12/05/06	274,5	24/05/07	207,2
16/06/04	365,2	25/06/05	389,1	01/06/06	269,3	14/06/07	221,2
01/07/04	228,4	12/07/05	241,3	22/06/06	556,2	05/07/07	185,2
25/07/04	255,7	06/08/05	449,2	13/07/06	223,8	26/07/07	316,2
12/08/04	203,6	27/08/05	304,0	03/08/06	254,0	16/08/07	167,0
01/09/04	253,7	21/09/05	361,9	26/08/06	278,2	04/09/07	233,0
23/09/04	362,8	12/10/05	256,7	21/09/06	374,7	28/09/07	215,5
14/10/04	457,5	03/11/05	278,6	16/10/06	236,1	19/10/07	219,4
03/11/04	292,8	23/11/05	307,1	09/11/06	360,7	08/11/07	208,9
24/11/04	428,2	15/12/05	392,2	30/11/06	304,3	29/11/07	385,9
17/12/04	515,6			21/12/06	634,4	27/12/07	514,6
TOTAL	5371	TOTAL	4877	TOTAL	5528	TOTAL	5026
MÉDIA ANUAL FASE INICIAL (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹) = 5021 A							
FASE MÉDIA							
ANO 2004	DEP	ANO 2005	DEP	ANO 2006	DEP	ANO 2007	DEP
13/01/04	315,8	08/01/05	383,3	09/01/06	211,8	11/01/07	634,4
05/02/04	300,1	29/01/05	416,6	26/01/06	396,9	30/01/07	295,5
27/02/04	236,7	18/02/05	396,8	16/02/06	213,8	22/02/07	266,5
21/03/04	354,1	12/03/05	295,3	09/03/06	428,9	15/03/07	228,3
12/04/04	261,6	05/04/05	180,4	30/03/06	425,6	05/04/07	442,5
03/05/04	174,9	01/05/05	169,3	18/04/06	387,9	26/04/07	251,7
20/05/04	141,6	28/05/05	175,8	12/05/06	156,9	24/05/07	191,3
16/06/04	482,8	25/06/05	334,7	01/06/06	249,6	14/06/07	235,5
01/07/04	170,3	12/07/05	284,1	22/06/06	679,3	05/07/07	334,1
25/07/04	151,6	06/08/05	362,0	13/07/06	249,1	26/07/07	391,1
12/08/04	126,4	27/08/05	344,9	03/08/06	294,8	16/08/07	106,8
01/09/04	178,1	21/09/05	410,6	26/08/06	322,9	04/09/07	143,4
23/09/04	416,3	12/10/05	199,5	21/09/06	555,6	28/09/07	157,0
14/10/04	508,8	03/11/05	242,8	16/10/06	226,8	19/10/07	301,7
03/11/04	323,4	23/11/05	422,9	09/11/06	513,9	08/11/07	287,4
24/11/04	453,8	15/12/05	435,0	30/11/06	556,3	29/11/07	394,5
17/12/04	468,2			21/12/06	421,5	27/12/07	526,0
TOTAL	5065	TOTAL	5054	TOTAL	6291	TOTAL	5188
MÉDIA ANUAL FASE MÉDIA (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹) = 5399 A							
FASE AVANÇADA							
ANO 2004	DEP	ANO 2005	DEP	ANO 2006	DEP	ANO 2007	DEP
13/01/04	213,8	08/01/05	247,3	09/01/06	156,5	11/01/07	734,2
05/02/04	268,7	29/01/05	414,0	26/01/06	399,0	30/01/07	276,6
27/02/04	199,0	18/02/05	394,3	16/02/06	345,6	22/02/07	310,4
21/03/04	320,2	12/03/05	336,6	09/03/06	446,2	15/03/07	327,6
12/04/04	275,1	05/04/05	521,0	30/03/06	324,0	05/04/07	428,3
03/05/04	255,1	01/05/05	146,4	18/04/06	461,6	26/04/07	230,4
20/05/04	206,5	28/05/05	152,0	12/05/06	150,0	24/05/07	153,3
16/06/04	327,6	25/06/05	372,5	01/06/06	214,6	14/06/07	215,9
01/07/04	121,0	12/07/05	286,8	22/06/06	445,1	05/07/07	272,2
25/07/04	327,4	06/08/05	334,6	13/07/06	208,9	26/07/07	357,1
12/08/04	90,9	27/08/05	389,6	03/08/06	229,6	16/08/07	182,8
01/09/04	232,3	21/09/05	463,8	26/08/06	251,5	04/09/07	146,4
23/09/04	442,1	12/10/05	166,4	21/09/06	501,1	28/09/07	194,5
14/10/04	528,4	03/11/05	237,8	16/10/06	266,8	19/10/07	309,5
03/11/04	325,3	23/11/05	308,6	09/11/06	430,1	08/11/07	294,7
24/11/04	477,2	15/12/05	409,9	30/11/06	413,4	29/11/07	367,1
17/12/04	513,8			21/12/06	452,4	27/12/07	489,5
TOTAL	5124	TOTAL	5182	TOTAL	5697	TOTAL	5290
MÉDIA ANUAL FASE AVANÇADA (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹) = 5323 A							

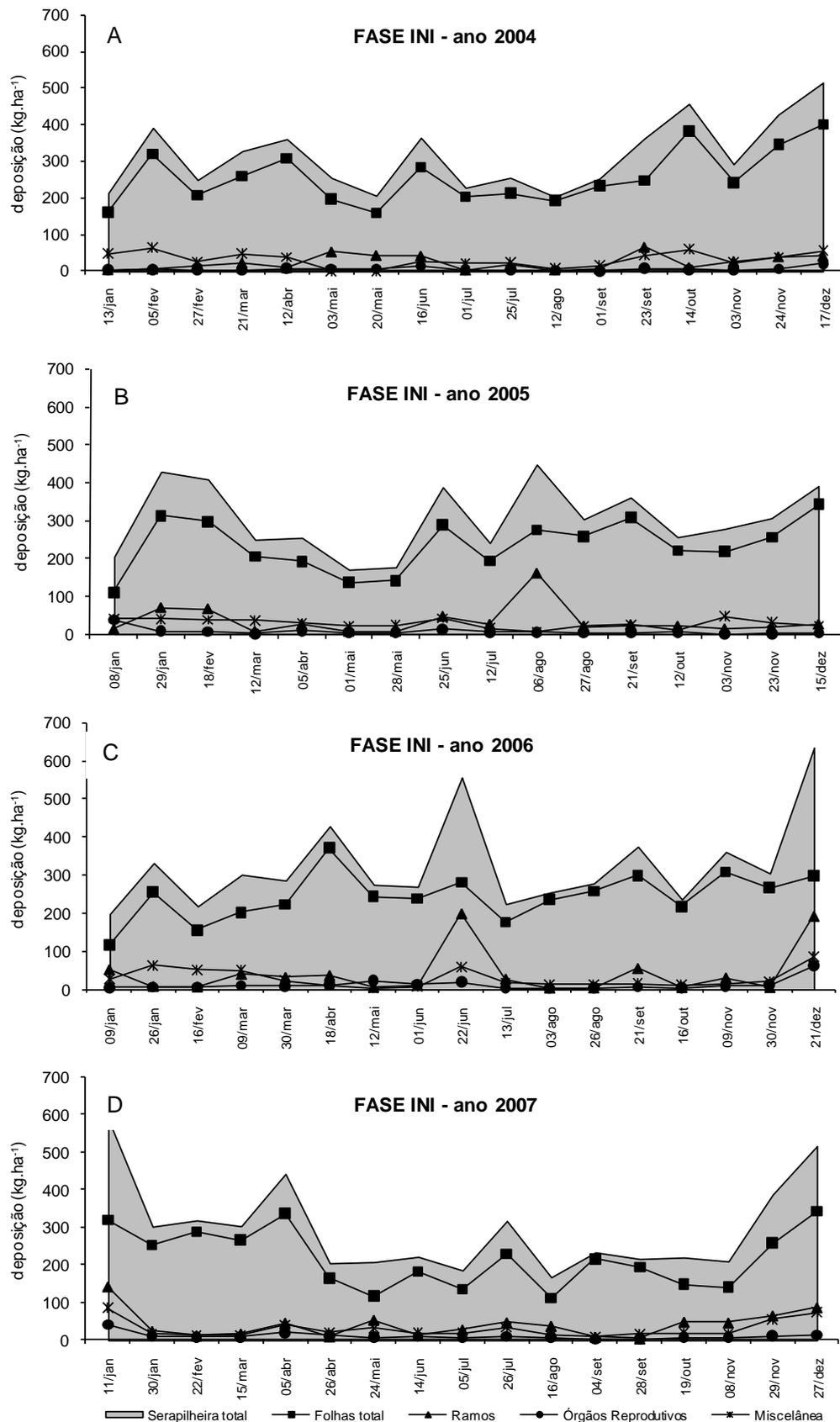


FIGURA 10 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NA FASE SUCESSIONAL INICIAL AO LONGO DOS ANOS 2004 (A), 2005 (B), 2006 (C) E 2007 (D).

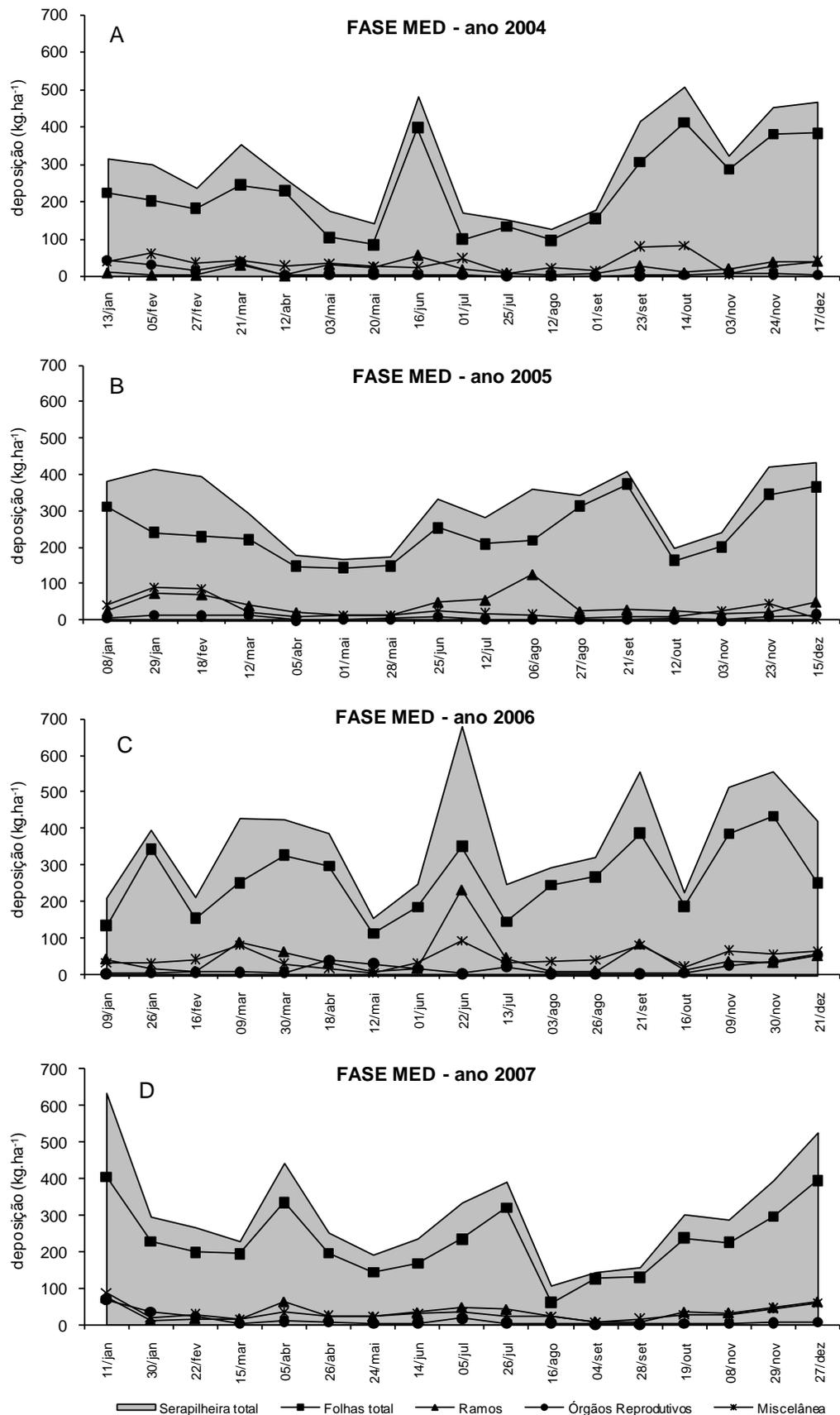


FIGURA 11 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NA FASE SUCESSIONAL MÈDIA AO LONGO DOS ANOS 2004 (A), 2005 (B), 2006 (C) E 2007 (D).

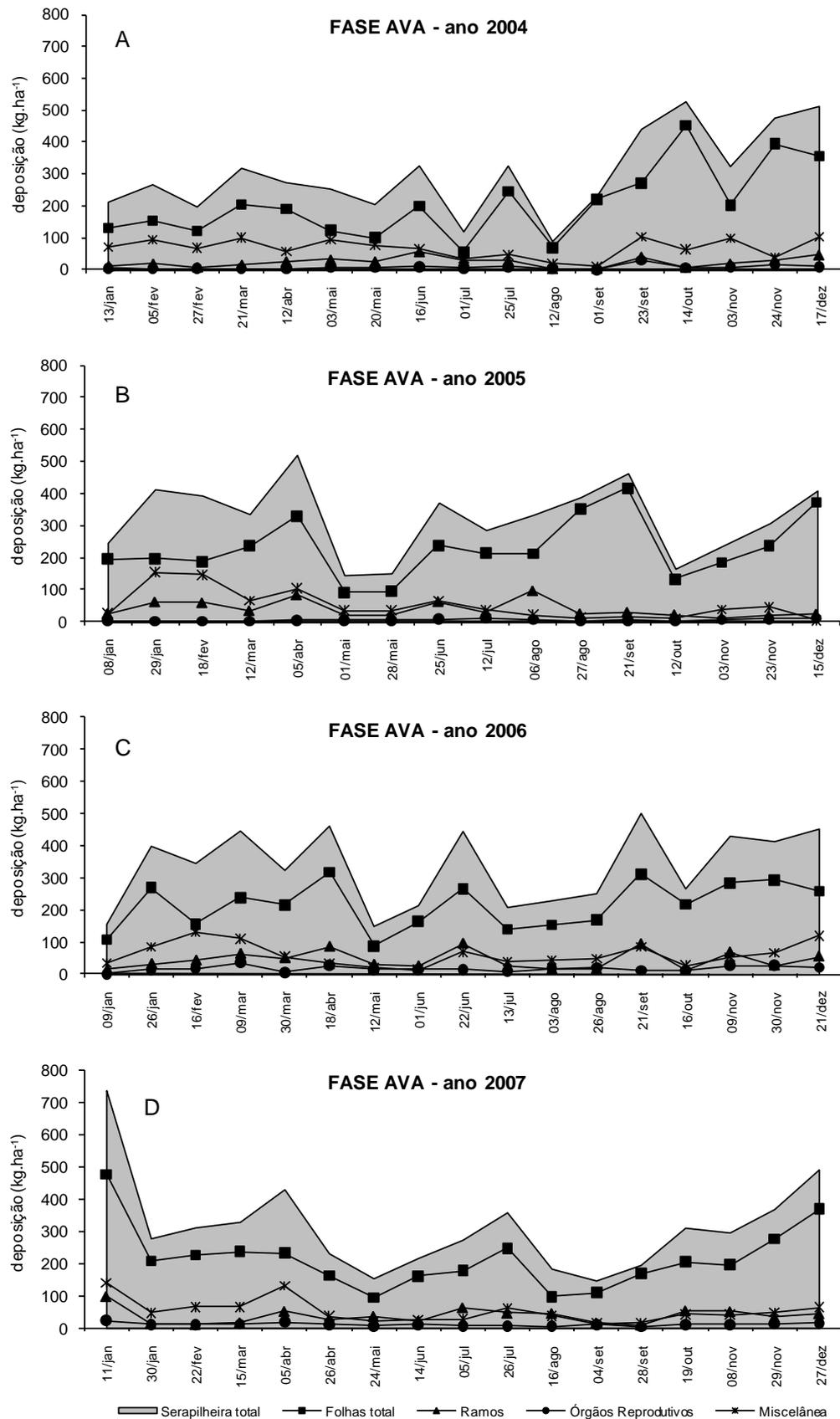


FIGURA 12 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NA FASE SUCESSIONAL AVANÇADA AO LONGO DOS ANOS 2004 (A), 2005 (B), 2006 (C) E 2007 (D).

TABELA 4 - DEPOSIÇÃO ANUAL DE SERAPILHEIRA ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$) E CONTRIBUIÇÃO (%) DAS FOLHAS, RAMOS, ÓRGÃOS REPRODUTIVOS E MISCELÂNEA À SERAPILHEIRA TOTAL EM DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS BRASILEIRAS (F = FOLHAS, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, M = MISCELÂNEA).

VEGETAÇÃO	CONDIÇÃO DE SÍTIO	LOCAL	SOLO	SERAP. ($t \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$)	F	R	OR %	M	REFERÊNCIA
FLORESTA OMBRÓFILA DENSA ATLÂNTICA									
RESTINGA		Maricá, RJ	Espodossolo	6,2	68				RAMOS; PELLENS (1994)
RESTINGA	Alta (floresta não inundável)	Ilha do Mel, PR	Espodossolo	7,7	60	25	7	8	BRITEZ (1994)
	Baixa (floresta inundável)			5,2	62	26	8	4	
RESTINGA		Ilha do Cardoso, SP	Espodossolo	3,9	75	17	6	2	MORAES; DELITTI; STRUFFALDI-DE VUONO (1989)
RESTINGA	Baixa (pós-praia)	Ilha do Mel, PR	Espodossolo	5,1	75	18	5	2	PIRES <i>et al.</i> (2006)
RESTINGA	Floresta secundária (30 anos)	Ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ		7,9	66	21	5	8	PEREIRA; MENEZES; SCHULTZ (2008)
FODTB	Floresta primária	Linhares, ES	Argissolo	8,5	70				LOUZADA (1997)
	Floresta secundária avançada			8,4	61				
FODTB		Teixeira Freitas, BA	Argissolo	9,4	95		5		GAMA-RODRIGUES; BARROS (2002)
FODTB	Fase sucessional inicial	Paranaguá, PR	Espodossolo	5,4	85		9	6	PINTO; MARQUES (2003)
	Fase sucessional média			7,6	74		18	8	
	Fase sucessional avançada			6,4	67		19	14	
FODTB		Ilha do Mel, PR	Espod./Organ.	7,0	70	17	6	7	MARTINS (2004)
FODTB	Fase sucessional inicial	Paranaguá, PR	Espodossolo	5,3	83		13	4	ROCHA (2006)
	Fase sucessional média			8,1	66		23	11	
	Fase sucessional avançada			6,9	64		23	13	
FODAI	Fase sucessional menos desenvolvida	Guaraqueçaba, PR	Neossolo	3,0	80	11	6	3	SCHEER (2006)
	Fase sucessional mais desenvolvida		Flúvico	6,4	69	22	4	5	
FODSub		Guarujá, SP		7,9	64	25	9	3	VARJABEDIAN; PAGANO (1988)
FODSub	Sem poluição	Pilões, SP	Latossolo	8,3	67				LOPES <i>et al.</i> (1993)
	Grande poluição	Mogi Guaçu, SP		7,7	79				
FODSub	Secundária jovem	Cubatão, SP	Lit, Camb e Arg.	5,7	81	15		4	LEITÃO FILHO <i>et al.</i> (1993)
	Secundária madura			4,5	82	16		2	
	Sec. perturbada (poluição)			5,3	87,8	11,9		0,3	

continua na próxima página

Continuação...

FODSub	Floresta primária (50 m alt.) Floresta primária (200 m alt.)	C. dos Goytacazes, RJ	Cambissolo	9,5 9,1	69 64					MAZUREC; VILLELA (1998)
FODSub	Floresta primária	Ilha do Cardoso, SP		6,3	70	15	13	2		MORAES; DELITTI; STRUFFALDI-DE VUONO (1989)
FODSub	Toposseq. pouco alterada Toposseq. muito alterada	Silva Jardim, RJ	Latossolo	7,1 8,5						BORÉM; RAMOS (2002)
FODSub	Fase sucessionaI inicial Fase sucessionaI média Fase sucessionaI avançada	Antonina, PR	Cambissolo Argissolo Cambissolo	5,2 5,4 5,3	76,6 74,9 67,8	11,3 10,9 11,2	2,7 3,4 3,0	9,4 10,8 18,0		ESTE ESTUDO
FODM	Mais afetada pela poluição Menos afetada pela poluição	São Paulo, SP	Latossolo e Cambissolo	1,8 3,8						DOMINGOS <i>et al.</i> (1990)
FODM	Moderada poluição	Santo André, SP	Latossolo	6,8	75					LOPES <i>et al.</i> (1993)
FODM	Floresta residual	São Paulo, SP	Latossolo	7,3	69,6	25	3,5	1,9		TEIXEIRA <i>et al.</i> (1992)
FODM		Floresta Tijuca, RJ	Latos./Cambis.	8,9	75	12,6	7,1	5,6		OLIVEIRA; LACERDA (1993)
FODM	Primária alterada	Boracéia, SP	Neossolo litólico	6,1	73	16		11		CUSTÓDIO FILHO <i>et al.</i> (1996)
FODM	Sem poluição	Santo André, SP	Latossolo	7,0	72					DOMINGOS <i>et al.</i> (1997)
FODAM	Floresta primária	Quatro Barras, PR	Neossolo litólico	4,5	62	25				PORTES (2000)
FLORESTA OMBRÓFILA DENSA AMAZÔNICA										
FODAmTF		Manaus, AM		7,3	77	18		5		KLINGE; RODRIGUES (1968a)
FODAmTF	Platô		Latossolo	7,4	60					
FODAmTF	Baixio	Amazônia Central	Espodossolo	6,5	63					LUIZÃO; SCHUBART (1986)
FODAmTF	Capoeira jovem		Latossolo	6,1	85					
FODAmTF	Floresta primária	Tucuruí, PA	Latossolo	6,7	72	21		7		SILVA (1984)
FODAmTF	Floresta secundária avançada	Roraima	Solo arenoso	9,3	68					SCOTT; PROCTOR; THOMPSON (1992)
FLORESTA OMBRÓFILA MISTA										
FOMAI	Floresta secundária	Paraná	Neossolo flúvico	9,4						SOUSA (2003)
FOMM		São Mateus do Sul, PR	Argissolo e Latossolo	6,5	62	22	8	8		BRITEZ <i>et al.</i> (1992)
FOMM	Secundária desenvolvida	São João do Triunfo, PR	Cambissolo, Latossolo e Argissolo	7,7	57	27		16		FIGUEIREDO FILHO <i>et al.</i> (2003)
FLORESTA ESTACIONAL										
FED (costeira)	Secundária avançada	Recife, PE	Argissolo e Latossolo	8,1	79			21		SAMPAIO; NUNES; LEMOS (1988)

continua na próxima página

Continuação...

FED (altitude)		São Paulo		6,7					MORELLATO (1992)
FED	Secundária (35-40 anos)	Santa Maria, RS	Neossolo litólico	9,2	67,8	19,3	12,9		KÖNIG <i>et al.</i> (2002)
FESD	Floresta secundária	São Paulo		9,4	63				MEGURO; VINUEZA, DELITTI (1979,1980)
FESD	Floresta secundária	São Paulo	Latossolo	6,7					CARPANEZZI (1980)
FESD	Floresta secundária	Santa Maria, RS	Neossolo Litólico	7,8	66	21,7	2,7	9,9	CUNHA <i>et al.</i> (1993)
FESD	Mata alta	Rio Grande do Sul	Fértil basalto	9,0					MELLO (1995)
FESD	Mata baixa		Infértil arenito	5,5					
FESD		São Paulo		11,6					DINIZ (1987)
FESD	Secund. avançada (350 anos)	Paraná	Fértil	9,0					SANTOS (1989)
FESD		Rio Claro, SP	Latossolo	8,6	62	33	5		PAGANO (1989)
FESD	Altitude de 870 m	Jundiaí, SP	Latossolo	8,3	64	25	11		MORELLATO (1992)
FESD	Altitude de 1170 m			6,7	70	26	4		
FESD		Anhembi, SP		8,8	64,6	27,8	7,6		CÉSAR (1993a)
FESD		Minas Gerais	Latossolo	7,8					DIAS; OLIVEIRA-FILHO (1997)
FESD	Floresta preservada			6,8	77				
FESD	Floresta intermediária	Ouro Preto, MG	Neossolo	6,6	72				WERNECK; PEDRALLI; GIESEKE (2001)
FESD	Floresta sec. jovem (40 anos)			5,1	79				
FESD (montana)	Floresta secundária	Poços de Caldas, MG	Fértil	4,5	95				SOUZA; DAVIDE (2001)
FESD	Secundária inicial (10 anos)	Pinheiral, RJ	Argissolo	10,5					TOLEDO; PEREIRA; MENEZES (2002)
FESD	Secundária tardia (50 anos)		(pouco fértil)	13,0					
FESD	Zona ripária	Botucatu, SP	Neossolo litólico	10,6					VITAL <i>et al.</i> (2004)
FESD	Campo			2,2	74	18	8		
FESD	Capoeirinha	Capitão Leônidas		9,6	64	21	15		
FESD	Capoeira	Marques e Nova	Neossolo	10,1	56	33	11		PEZZATTO; WISNIEWSKI (2006)
FESD	Capoeirão	Prata do Iguaçú, PR		10,4	62	28	11		
FESD	Floresta secundária			11,7	52	30	18		
FESD	Floresta secundária inicial	Reserva Mata do		6,3	65	31	4		
FESD	Floresta secundária madura	Paraíso, Viçosa, MG		8,8	56	36	8		PINTO <i>et al.</i> (2008)

FOD = Floresta Ombrófila Densa, sendo TB = TERRAS BAIXAS, M = MONTANA, Sub = SUBMONTANA, AI = ALUVIAL

FOM = Floresta Ombrófila Mista, sendo M = MONTANA, AI = ALUVIAL

FODAm = Floresta Ombrófila Densa Amazônica, sendo TF = TERRA FIRME

FED = Floresta Estacional Decidual

FESD = Floresta Estacional Semidecidual

4.1.2 Frações da serapilheira produzida

Na Tabela 5 são apresentados os valores da contribuição anual média percentual das frações da serapilheira produzida nas fases INI, MED e AVA.

A contribuição média dos ramos e dos órgãos reprodutivos foi de 11 e 3%, respectivamente, e não houve variação entre as fases. Já a contribuição da miscelânea variou: 9, 11 e 18% nas fases INI, MED e AVA, respectivamente. A comparação destes resultados com outros encontrados na literatura torna-se complexa devido a uma grande variação natural na deposição destas frações e às formas de amostragem e triagem utilizadas. Alguns autores computaram os pesos dos ramos juntamente com os órgãos reprodutivos, outros separaram os órgãos reprodutivos em fração flores e fração frutos, outros triaram a serapilheira somente em duas frações, foliar e lenhosa ou, ainda, não fizeram distinção entre os elementos reprodutivos e a miscelânea. Diante do exposto, as comparações devem ser cautelosas, levando-se em conta estas possíveis variações. Nos trabalhos realizados na FOD Submontana, a contribuição dos ramos variou de 12 a 25% e a de elementos reprodutivos mais miscelânea de 0,3 a 15% (Tabela 4).

A contribuição das folhas (total) à serapilheira (77, 75 e 68% nas fases INI, MED e AVA, respectivamente) está de acordo com a maioria dos estudos de produção de serapilheira em florestas tropicais, os quais relatam uma maior contribuição das folhas ao total de serapilheira produzida. Esta porcentagem normalmente situa-se acima dos 60-70% (LUIZÃO; SCHUBART, 1986; CUEVAS; MEDINA, 1986; VARJABEDIAN; PAGANO, 1988; CUNHA *et al.*, 1993; CUSTÓDIO FILHO *et al.*, 1996; MORAES *et al.*, 1999; PINTO; MARQUES, 2003; MARTIUS *et al.*, 2004a; ROCHA, 2006; SCHEER, 2006).

A diminuição na porcentagem de folhas (de 77 para 68%) com o avanço da fase sucessional já foi observado por outros autores em florestas tropicais secundárias em diferentes fases de sucessão (CUNHA, 1997; TOLEDO; PEREIRA; MENEZES, 2002; PINTO; MARQUES, 2003; PEZZATO, 2004; ROCHA, 2006; KÖHLER; HÖLSCHER; LEUSCHNER, 2008) e pode estar associado a uma maior produção de serapilheira foliar pelas espécies pioneiras presentes nas florestas secundárias em processo inicial de regeneração (MARTINS; RODRIGUES, 1999). Luizão e Schubart (1986), investigando a produção de serapilheira em floresta de terra firme da Amazônia Central, encontraram maior porcentagem de folhas na

capoeira jovem em relação às florestas originais de platô e baixio. A maior porcentagem de folhas depositadas na capoeira foi justificada pelos autores como decorrente do crescimento acelerado em que se encontrava a vegetação, para o qual necessitava de uma alta taxa fotossintética, conseguida por meio de uma grande biomassa de folhas que eram rapidamente substituídas. Por outro lado, esta maior proporção de folhas nas florestas iniciais, comparativamente às florestas mais velhas, reflete a estrutura da vegetação e a diversidade biológica, diferentes em florestas com diferentes idades. Nas florestas mais novas, o tipo de material que cai das árvores é principalmente de natureza foliar devido à própria estrutura das plantas (estacionalmente, flores e frutos podem ser significativos). À medida que a floresta envelhece, além da renovação das folhas, outros materiais (cascas, ramos de maior dimensão, epífitas, etc) também passam a cair nos coletores, sendo que boa parte deste material não se encontrava presente nas florestas mais jovens, o que explicaria a redução na proporção de folhas. Adicionalmente, nas florestas mais velhas, a presença de insetos e pássaros pode ser mais expressiva, contribuindo para a deposição de materiais de menores dimensões, como foi observado na fração miscelânea deste estudo.

Em todo o período do estudo, a deposição de folhas apresentou o mesmo padrão de deposição da serapilheira total devido à predominância das folhas na serapilheira, em detrimento das demais frações. Este comportamento também foi observado por Köhler, Hölscher e Leuschner (2008) em florestas tropicais secundárias da Costa Rica.

Na fase INI, mais da metade da serapilheira total (57%) era constituída por folhas da espécie *Tibouchina pulchra*. O predomínio das folhas desta espécie sobre as demais foi consequência do maior valor de importância da mesma (177%). Na fase MED, esta espécie está praticamente ausente no ambiente e um número maior de espécies se estabeleceu. Enquanto na fase INI 75% da serapilheira foliar era composta pela *T. pulchra* e apenas 25% por outras espécies, na fase MED um número maior de espécies passou a contribuir com a deposição de serapilheira. Dentre estas espécies foram selecionadas quatro devido ao seu maior valor de importância e ocorrência nos coletores de serapilheira. Estas espécies foram *Sloanea guianensis*, *Hyeronima alchorneoides*, *Bathysa meridionalis* e *Alchornea* sp., cuja participação na serapilheira total foi de 8,4, 6,2, 4,0 e 2,7%, respectivamente. A contribuição percentual das folhas das outras espécies (53,5%)

foi cinco vezes superior à contribuição das folhas das outras espécies da fase INI (10,6%).

TABELA 5 - DEPOSIÇÃO ANUAL MÉDIA DE SERAPILHEIRA E CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA PRODUZIDA NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA – COMPARAÇÃO ENTRE FRAÇÕES EM CADA FASE SUCESSIONAL.

FASE	FRAÇÃO	DEPOSIÇÃO ¹ kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹		CONTRIBUIÇÃO (% DO TOTAL)
INICIAL	Ramos	586 B ²	(72,7) ⁴	11,3
	Órgãos reprodutivos	142 C	(24,1)	2,7
	Miscelânea	487 B	(16,5)	9,4
	<i>Tibouchina pulchra</i>	2972 A	(177,5)	57,2
	<i>Myrsine coriacea</i>	462 B	(27,4)	8,9
	Outras folhas	552 B	(79,7)	10,6
	Folhas total	3986	(157,9)	76,6
	Serapilheira total	5201	(150,4)	
MÉDIA	Ramos	588 B	(94,0)	10,9
	Órgãos reprodutivos	186 D	(37,1)	3,4
	Miscelânea	584 B	(74,0)	10,8
	<i>Sloanea guianensis</i>	454 BC	(45,3)	8,4
	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	336 C	(40,5)	6,2
	<i>Alchornea</i> sp.	148 D	(15,3)	2,7
	<i>Bathysa meridionalis</i>	218 D	(18,2)	4,0
	Outras folhas	2887 A	(96,5)	53,5
Folhas total	4042	(140,4)	74,9	
Serapilheira total	5399	(298,9)		
AVANÇADA	Ramos	595 C ³	(73,2)	11,2
	Órgãos reprodutivos	161 DE	(44,9)	3,0
	Miscelânea	957 B	(73,5)	18,0
	<i>Sloanea guianensis</i>	452 C	(24,5)	8,5
	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	265 D	(12,9)	5,0
	<i>Alchornea</i> sp.	92 E	(5,8)	1,7
	<i>Pourouma guianensis</i>	134 E	(22,8)	2,5
	<i>Marlieria tomentosa</i>	125 E	(33,8)	2,3
	Outras folhas	2543 A	(28,9)	47,8
	Folhas total	3611	(43,7)	67,8
Serapilheira total	5323	(129,2)		

¹ Média dos 4 anos de estudo (2004 a 2007).

² Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher ($P < 0,05$). Os dados das fases INI e MED foram transformados por logaritmo.

³ Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Mann-Whitney. Os dados da fase AVA foram analisados por análise não-paramétrica.

⁴ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

Na fase AVA, as folhas das espécies *S. guianensis*, *H. alchorneoides* e *Alchornea* sp. continuaram a ter expressão na serapilheira depositada e duas outras espécies, *Pourouma guianensis* e *Marlieria tomentosa*, foram incluídas na triagem. A contribuição das folhas destas espécies à serapilheira total foi de 8,5, 5,0, 1,7, 2,5 e 2,3%, respectivamente.

Enquanto a contribuição das folhas de *T. pulchra* à serapilheira total foi de 57,2%, a maior contribuição das demais espécies estudadas não ultrapassou os 9%. Esta maior deposição das espécies pioneiras está relacionada a um retorno maior de folhas e a uma vida média mais curta das mesmas, contribuindo para aumentar a fertilidade das camadas superiores do solo, especialmente na sucessão secundária (CHABOT; HICKS, 1982¹⁴; RUIZ-JAÉN; AIDE, 2005¹⁵; citados por BENVENUTI-FERREIRA *et al.*, 2009).

Os resultados da Tabela 5 são mostrados novamente na Tabela 6, porém o teste de comparação de médias (Fisher LSD 95%) foi aplicado entre as fases sucessionais para cada fração da serapilheira e total, com o intuito de identificar possíveis diferenças entre as mesmas. As folhas das espécies *T. pulchra*, *M. coriacea*, *B. meridionalis*, *P. guianensis* e *M. tomentosa* não foram incluídas na comparação porque foram estudadas somente em uma fase sucessional.

A deposição de ramos foi estimada em 586, 588 e 595 kg.ha⁻¹.ano⁻¹, nas fases INI, MED e AVA, respectivamente, não havendo diferença estatística significativa entre as fases. A deposição de órgãos reprodutivos também não diferiu entre as fases (142, 186 e 161 kg.ha⁻¹.ano⁻¹). Já a deposição da miscelânea foi maior na fase AVA (957 kg.ha⁻¹.ano⁻¹) e não diferiu entre as fases INI e MED.

Das espécies selecionadas nas fases MED e AVA, a *S. guianensis* foi a que mais contribuiu na deposição de folhas, sendo esta contribuição similar entre as fases onde ela ocorreu (454 e 452 kg.ha⁻¹, respectivamente). Apesar de haver 63 indivíduos de *S. guianensis* na fase MED contra apenas 4 na fase AVA (LIEBSCH; GOLDENBERG; MARQUES, 2007), os indivíduos desta última possuem diâmetro bastante superior, resultando numa área basal próxima entre as duas fases (4,03 e 5,58 m².ha⁻¹, nas fases MED e AVA, respectivamente). Portanto, a deposição de

¹⁴ CHABOT, B.F.; HICKS, D.J. The ecology of leaf life spans. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, v.13, p.229-259, 1982.

¹⁵ RUIZ-JAÉN, M.C.; AIDE, T.M. Vegetation structure, species diversity, and ecosystem processes as measures of restoration success. **For. Ecol. Manage.**, v.218, n.11, p.159-173, 2005.

quantidades similares de folhas por esta espécie nas duas fases sugere que diâmetro de fuste e diâmetro de copa estejam positivamente correlacionados, ou seja, como os indivíduos na fase AVA possuem maior diâmetro do fuste, provavelmente suas copas sejam maiores também e por isso depositem mais folhas do que os indivíduos de *S. guianensis* na fase MED, cujos diâmetros são menores. Entretanto, esta é apenas uma hipótese, pois as características da copa (diâmetro, área de projeção, forma, etc) dependem de diversos fatores do sítio como densidade, competição entre copas, posição na estrutura vertical da floresta, entre outros, os quais não foram mensurados.

Para as espécies *H. alchorneoides* e *Alchornea* sp. observou-se uma deposição de folhas um pouco maior na fase MED em relação à AVA, apesar da análise estatística não haver detectado diferença entre fases para as folhas de *H. alchorneoides*.

Considerando-se o total de folhas, a maior deposição ocorreu na fase MED (4042 kg.ha⁻¹.ano⁻¹) seguida da fase INI (3986 kg.ha⁻¹.ano⁻¹) e, com menor deposição, ficou a fase AVA (3611 kg.ha⁻¹.ano⁻¹). Porém em termos de serapilheira total não houve diferença estatística significativa entre as fases.

TABELA 6 - DEPOSIÇÃO ANUAL MÉDIA DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA – COMPARAÇÃO ENTRE FASES PARA CADA FRAÇÃO DA SERAPILHEIRA.

FRAÇÃO	DEPOSIÇÃO ¹ (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)					
	FASE INICIAL		FASE MÉDIA		FASE AVANÇADA	
Ramos	586 A ²	(72,7) ³	588 A	(94,0)	595 A	(73,2)
Órgãos reprodutivos	142 A	(24,1)	186 A	(37,1)	161 A	(44,9)
Miscelânea	487 B	(16,5)	584 B	(74,0)	957 A	(73,5)
Folhas de <i>Sloanea guianensis</i>	-	-	454 A	(45,3)	452 A	(24,5)
Folhas de <i>Hyeronima alchorneoides</i>	-	-	336 A	(40,5)	265 A	(12,9)
Folhas de <i>Alchornea</i> sp.	-	-	148 A	(15,3)	92 B	(5,8)
Folhas de outras espécies	552 C	(79,7)	2887 A	(96,5)	2543 B	(28,9)
Folhas total	3986 AB	(157,9)	4042 A	(140,4)	3611 B	(43,7)
Serapilheira total	5201 A	(150,4)	5399 A	(298,9)	5323 A	(129,2)

¹ Média dos 4 anos de estudo (2004 a 2007).

² Valores em linha seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher ($P < 0,05$).

³ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

4.1.3 Sazonalidade da produção de serapilheira e variáveis meteorológicas

4.1.3.1 Fração folhas (total)

Na Figura 16 é mostrada a deposição das folhas (total) nas datas de coleta ao longo do período do estudo, nas fases sucessionais INI, MED e AVA.

Na fase INI a deposição média anual de folhas no período do estudo foi de $3986 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, sendo que a maior deposição ocorreu no ano 2004 ($4353 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$) (Tabela 5 e Anexo 1). Com relação à deposição mensal, os maiores valores foram observados, em geral, em dezembro (em torno de $300\text{-}400 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Leitão Filho *et al.* (1993) também encontraram uma maior produção de folhas no mês de dezembro em áreas de vegetação secundária de Floresta Ombrófila Densa Submontana em Cubatão, SP.

A deposição na fase INI mostrou o mesmo padrão das folhas de *T. pulchra* devido à maior contribuição destas à fração de folhas (75%). O elevado pico em dezembro/04 foi devido não somente à deposição de *T. pulchra*, mas à elevada deposição de folhas da *M. coriacea* ($113 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Na fase MED os picos de deposição ocorreram nos meses mais quentes e úmidos: outubro/04 ($412 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), setembro/05 ($373 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), dezembro/05 ($366 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), novembro/06 ($433 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), janeiro/07 ($404 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e dezembro/07 ($396 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Somente um pico ocorreu fora deste período, em junho/04, onde foram depositados $398 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. A deposição média anual foi de $4042 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, sendo que a maior deposição ocorreu no ano 2006 ($4463 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$) (Tabela 5 e Anexo 2).

Na fase AVA a maior deposição também ficou concentrada nos meses mais quentes e úmidos: outubro/04 ($453 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), setembro/05 ($417 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), setembro/06 ($312 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), janeiro/07 ($475 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e dezembro/07 ($368 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$); um pico de deposição ocorreu em abril/06 ($318 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). A deposição média anual foi de $3611 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, não havendo diferença entre os anos estudados (Tabela 5 e Anexo 3).

Nas fases MED e AVA, o padrão de deposição foi determinado pelas folhas das outras espécies, visto que estas representaram em torno de 70% do total de folhas da serapilheira.

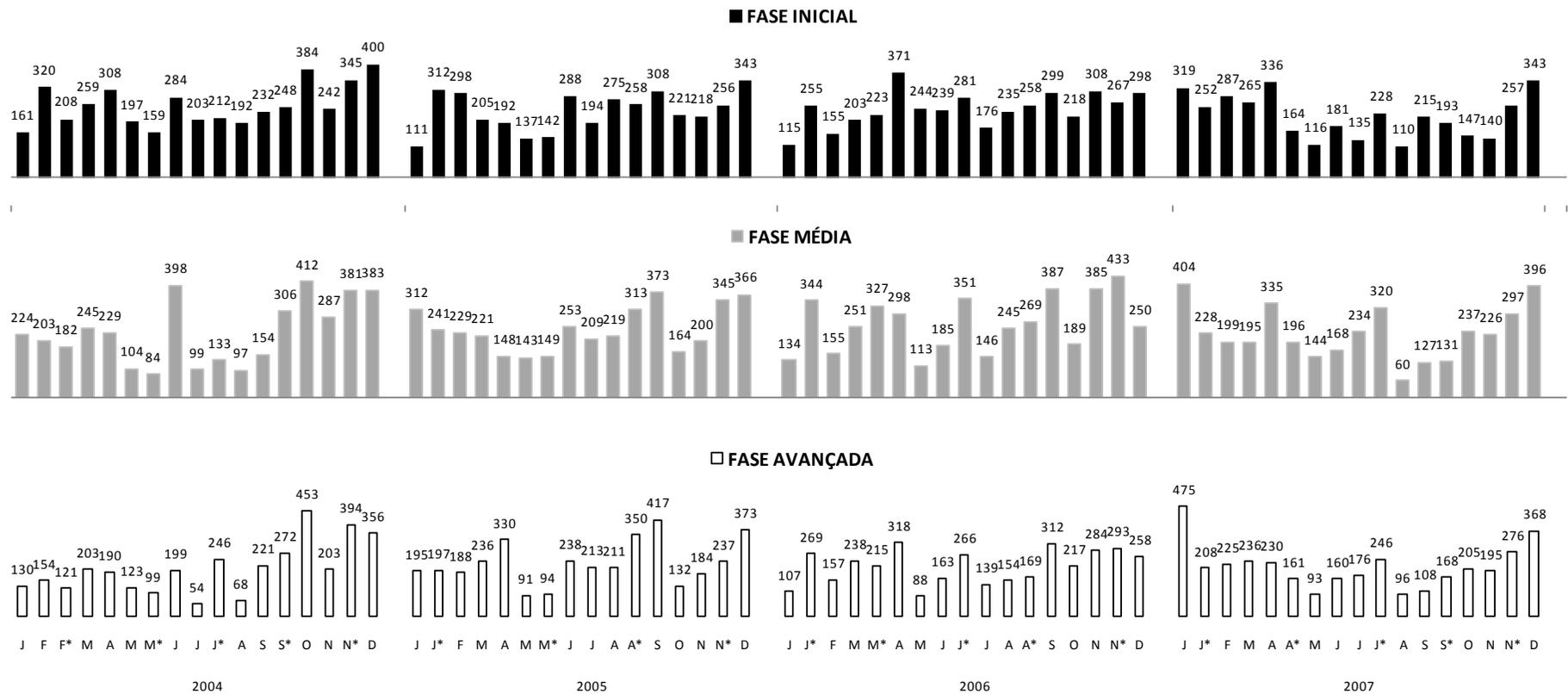


FIGURA 16 – DEPOSIÇÃO (kg.ha⁻¹) DE FOLHAS (TOTAL) AO LONGO DAS DATAS DE COLETA NOS ANOS 2004 A 2007, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.

4.1.3.2 Folhas das espécies selecionadas e outras espécies

A deposição de folhas das espécies selecionadas e outras espécies nas fases INI, MED e AVA é mostrada nas Figuras 13, 14 e 15, respectivamente.

A deposição de folhas da *T. pulchra* foi bastante variável ao longo do período do estudo. Em 2004, a maior deposição esteve concentrada no verão e primavera, sendo que um pico elevado (267 kg.ha^{-1}) ocorreu no mês de abril, no qual a precipitação foi 36% maior que a média histórica (Figura 3). Em 2005, a deposição foi relativamente maior no verão, porém ocorreram picos no inverno e início da primavera. Em 2006, a deposição foi mais homogênea ao longo do ano e somente um pico elevado (278 kg.ha^{-1}) foi observado em abril. Em 2007, a deposição foi maior no verão e início do outono. Em termos estacionais médios (média dos 4 anos), não houve diferença na deposição de folhas de *T. pulchra* entre as estações do período estudado, ou seja, esta espécie depositou folhas o ano todo, com leve aumento na primavera e verão. A deposição média foi de $743,1 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{estação}^{-1}$.

A deposição de folhas de *M. coriacea* esteve mais concentrada na primavera, sendo que um pico bastante elevado (113 kg.ha^{-1}) ocorreu em dezembro/04, no início do verão. A deposição média na primavera foi de $164 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{estação}^{-1}$.

A deposição de folhas das outras espécies também foi bastante variável ao longo do período do estudo. Em 2004 apresentou apenas um pico elevado em junho (64 kg.ha^{-1}), em 2005 foi maior na primavera e verão, em 2006 apresentou dois picos elevados, um em abril (61 kg.ha^{-1}) e outro em junho (63 kg.ha^{-1}) e em 2007, a maior deposição ocorreu no verão e um elevado pico foi observado em abril (95 kg.ha^{-1}). Em termos estacionais médios, a maior deposição ocorreu na primavera ($165,2 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{estação}^{-1}$), apesar da análise estatística não haver detectado diferença significativa (grande variabilidade dos resultados).

Para todas as folhas (espécies selecionadas + outras espécies), observou-se um pico elevado de deposição em junho/04. Neste mês a precipitação esteve quase 60% abaixo e a velocidade do vento 11% acima da média histórica (Figura 3). Estes eventos podem ter contribuído para a formação deste pico de deposição.

Na fase MED, a deposição de folhas da *S. guianensis* em geral foi maior na primavera e verão ($136,3$ e $121,7 \text{ kg.ha}^{-1}$, respectivamente). Em 2007 ocorreu um

pico de deposição em abril (64 kg.ha^{-1}), o qual pode ser devido a uma maior precipitação ocorrida neste mês (31% acima da média histórica) (Figura 6).

A deposição de folhas da *H. alchorneoides* foi maior na primavera ($116,8 \text{ kg.ha}^{-1}$) seguida do verão ($84,3 \text{ kg.ha}^{-1}$). Dois picos ocorreram no inverno de 2004, um em junho (44 kg.ha^{-1}) e outro em julho (35 kg.ha^{-1}). O ano 2005 para esta espécie foi bem típico, com maiores deposições na primavera/verão e menores no outono/inverno. A deposição de folhas da *Alchornea* sp. foi maior no inverno (54 kg.ha^{-1}), seguido da primavera ($44,6 \text{ kg.ha}^{-1}$). A maior deposição observada no inverno foi principalmente devido aos picos ocorridos em junho/04, julho/06, junho e julho/07.

A deposição de folhas de *B. meridionalis* foi menor que a deposição das espécies acima relacionadas, porém alguns picos muito elevados ocorreram isoladamente em alguns pontos do período: março/04 (49 kg.ha^{-1}), dezembro/04 (68), janeiro/05 (93), novembro/06 (73) e janeiro/07 (70). Devido a estes picos, a maior deposição média ocorreu na primavera ($90,6 \text{ kg.ha}^{-1}$) e no verão ($87,9 \text{ kg.ha}^{-1}$). A deposição de folhas das outras espécies na fase MED foi 2,5 vezes maior que o total de folhas depositadas pelas espécies selecionadas nesta fase. As maiores deposições ocorreram na primavera ($849,7 \text{ kg.ha}^{-1}$), seguido do inverno (713,8), verão (709,4) e outono (613,8).

Na fase AVA, a maior deposição média de folhas de *S. guianensis* foi observada no verão ($141,9 \text{ kg.ha}^{-1}$) e na primavera (123,1). A deposição de folhas da *H. alchorneoides* também foi maior no verão e primavera (71,3 e $95,5 \text{ kg.ha}^{-1}$, respectivamente). Já a deposição de folhas da *Alchornea* sp. foi maior na primavera (38,9) e no inverno (36,1). O comportamento destas três espécies foi o mesmo nas diferentes fases onde ocorreram. A deposição de folhas de *P. guianensis* foi maior no inverno (41,1) e verão (37,3), de *M. tomentosa* foi maior no verão (57,9) e as folhas das outras espécies foram mais depositadas na primavera (794,1).

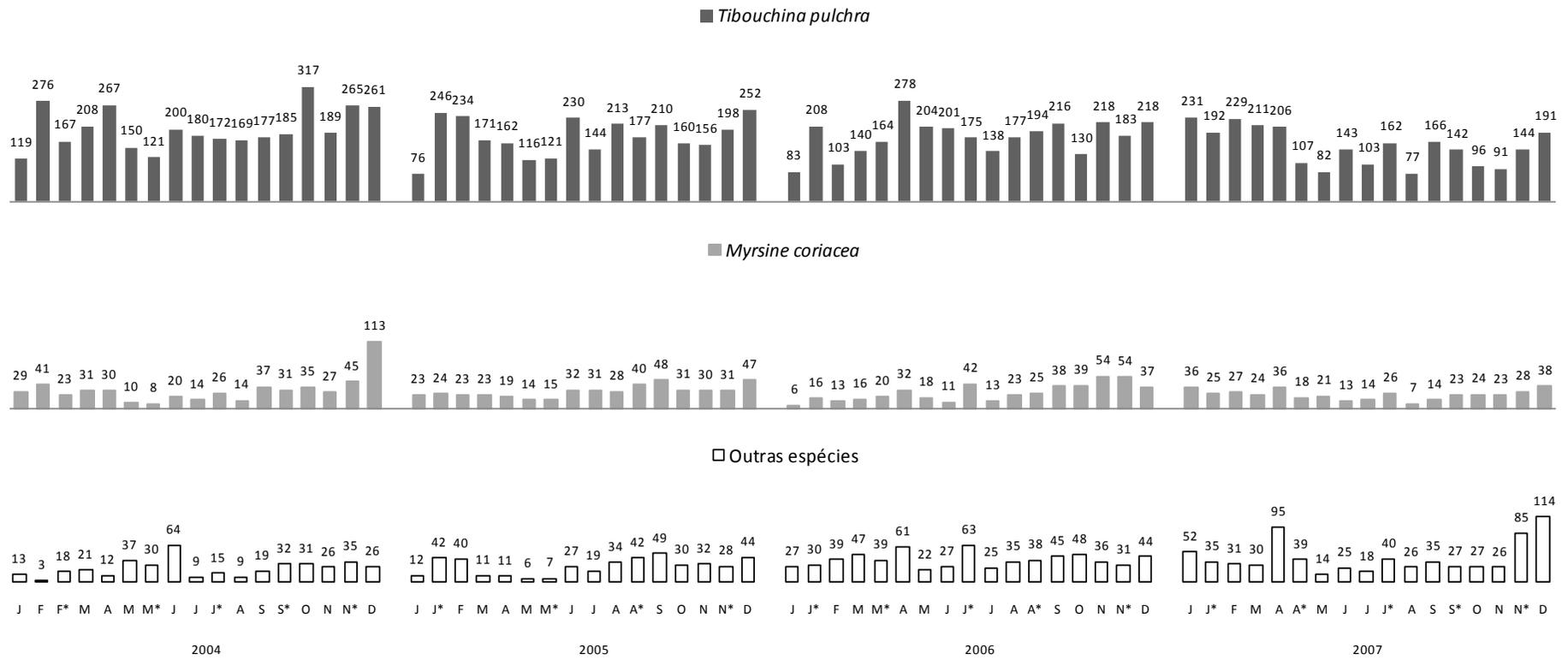


FIGURA 13 – DEPOSIÇÃO (kg.ha⁻¹) DE FOLHAS (ESPÉCIES SELECIONADAS E OUTRAS ESPÉCIES) AO LONGO DAS DATAS DE COLETA NOS ANOS 2004 A 2007, NA FASE SUCESSIONAL INICIAL.

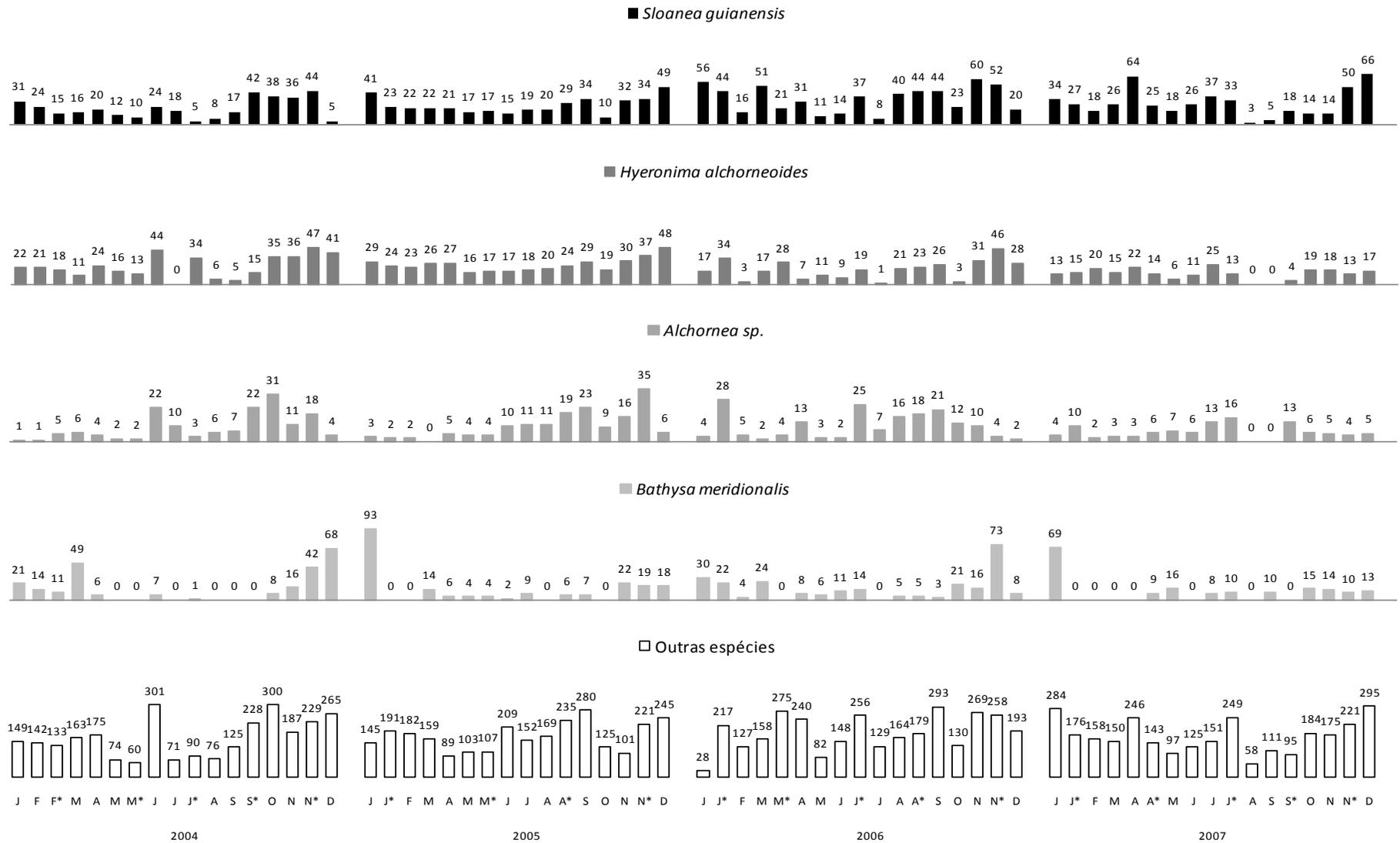


FIGURA 14 – DEPOSIÇÃO (kg.ha⁻¹) DE FOLHAS (ESPÉCIES SELECIONADAS E OUTRAS ESPÉCIES) AO LONGO DAS DATAS DE COLETA NOS ANOS 2004 A 2007, NA FASE SUCESSIONAL MÉDIA.

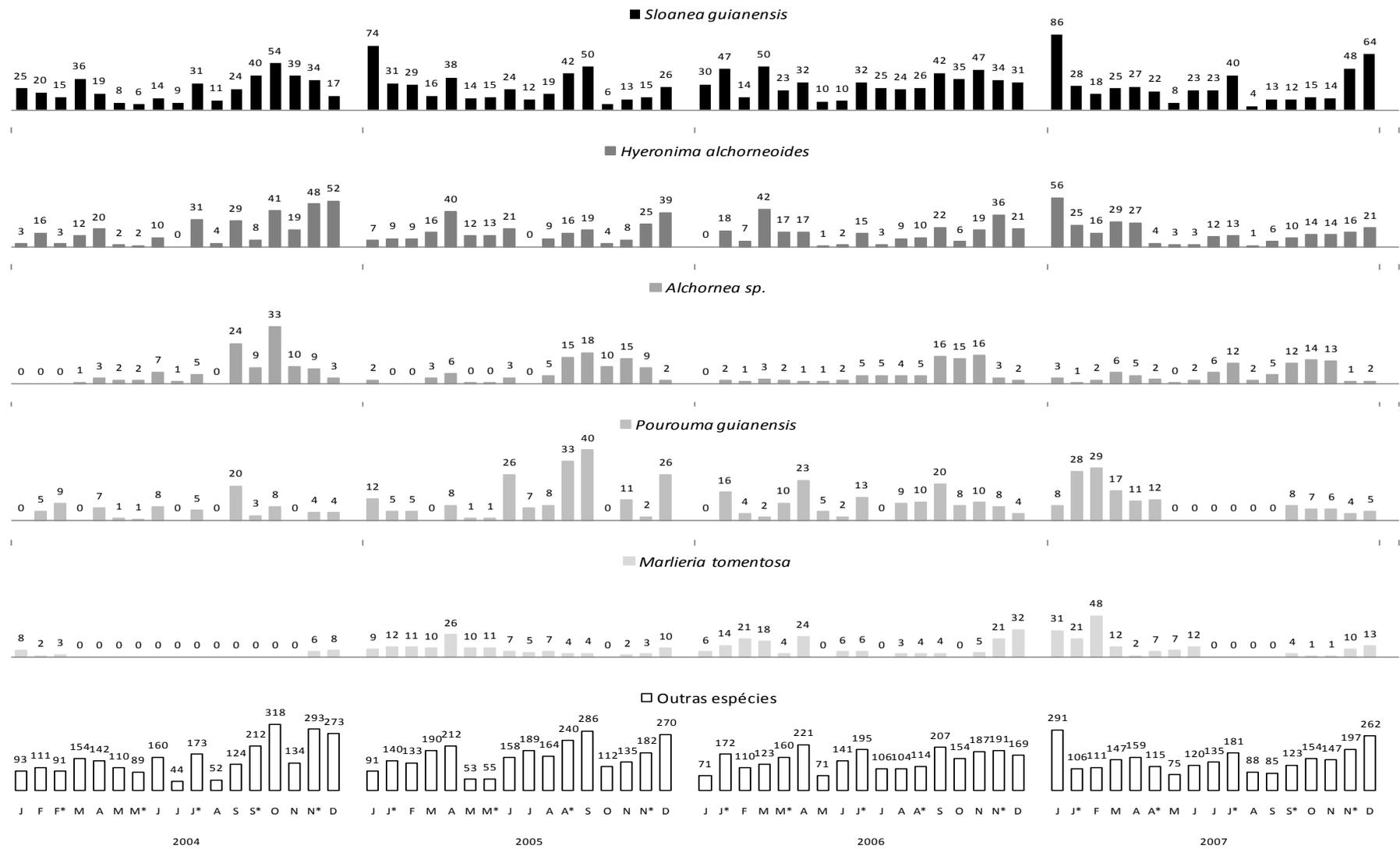


FIGURA 15 – DEPOSIÇÃO (kg.ha⁻¹) DE FOLHAS (ESPÉCIES SELECIONADAS E OUTRAS ESPÉCIES) AO LONGO DAS DATAS DE COLETA NOS ANOS 2004 A 2007, NA FASE SUCESSIONAL AVANÇADA.

4.1.3.3 Fração ramos

Na Figura 17 é mostrada a deposição dos ramos nas datas de coleta ao longo do período do estudo, nas fases sucessionais INI, MED e AVA.

Nas três fases, a deposição de ramos foi em geral inferior a 50 kg.ha^{-1} (a cada 21 dias), com exceção de alguns picos que ultrapassaram este valor. Na fase INI os picos ocorreram em setembro/04 (65 kg.ha^{-1}), agosto/05 (163 kg.ha^{-1}), junho/06 (198 kg.ha^{-1}), dezembro/06 (191 kg.ha^{-1}) e janeiro/07 (143 kg.ha^{-1}). Estes picos, juntamente os picos de deposição de órgãos reprodutivos e miscelânea, foram os responsáveis pela maior deposição de serapilheira total nos períodos mencionados, uma vez que o aumento na deposição de folhas foi menos expressivo.

Na fase MED os picos ocorreram em junho/04 (56 kg.ha^{-1}), janeiro/05 (74 kg.ha^{-1}), fevereiro/05 (71 kg.ha^{-1}), agosto/05 (125 kg.ha^{-1}), junho/06 (232 kg.ha^{-1}) e janeiro/07 (75 kg.ha^{-1}). E na fase AVA, os picos ocorreram em junho/04 (56 kg.ha^{-1}), abril/05 (84 kg.ha^{-1}), agosto/05 (97 kg.ha^{-1}), abril/06 (85 kg.ha^{-1}), junho/06 (95 kg.ha^{-1}), setembro/06 (93 kg.ha^{-1}) e janeiro/07 (98 kg.ha^{-1}).

A deposição de ramos foi bastante variável ao longo do ano, porém similar entre as fases INI e MED, onde os picos concentraram-se em dois períodos do ano: junho-agosto e dezembro-janeiro. Na fase AVA os picos ocorreram em janeiro, abril, junho, agosto e setembro. A produção de ramos normalmente é muito variável tanto espacial quanto temporalmente. Cesar (1993a), estudando a deposição de serapilheira em Floresta Estacional Semidecidual em Anhembi (SP) e Pinto *et al.* (2008) em Viçosa (MG), não encontraram uniformidade na deposição dos ramos ao longo do ano. Oliveira e Lacerda (1993) observaram elevada variação temporal na deposição de ramos (de 25,5% em agosto a 1,8% em março) em Floresta Ombrófila Densa Montana na Floresta da Tijuca, RJ. Esta heterogeneidade temporal na deposição de ramos está ligada às respostas da vegetação aos diferentes eventos bióticos e abióticos anteriores à deposição. Normalmente os eventos bióticos geram respostas a médio e longo prazos, enquanto os eventos abióticos (quedas de árvores, ação das chuvas, queda de raios, ventos fortes) geram respostas mais a curto prazo (KÖNIG *et al.*, 2002).

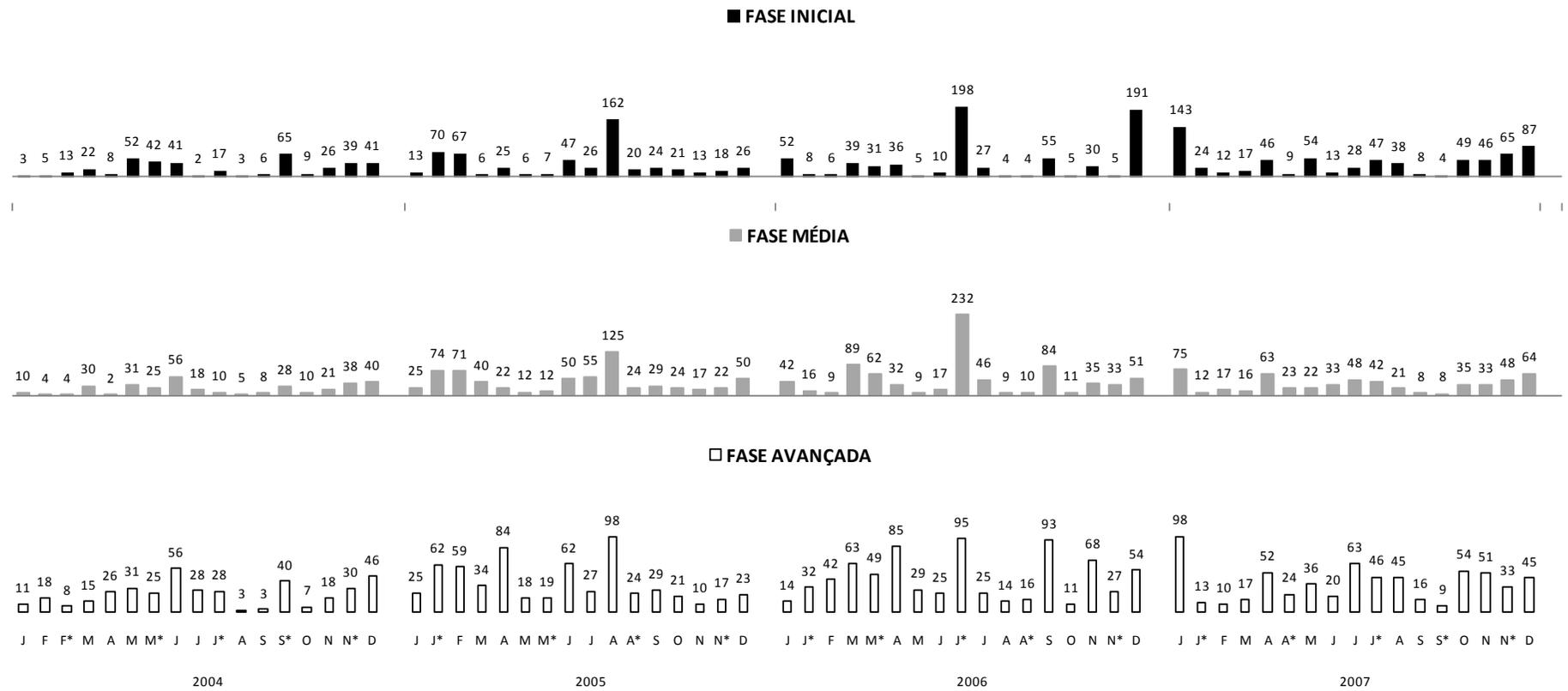


FIGURA 17 – DEPOSIÇÃO (kg.ha⁻¹) DE RAMOS AO LONGO DAS DATAS DE COLETA NOS ANOS 2004 A 2007, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.

4.1.3.4 Fração órgãos reprodutivos

Na Figura 18 é mostrada a deposição dos órgãos reprodutivos nas datas de coleta ao longo do período do estudo, nas fases sucessionais INI, MED e AVA.

Nas fases INI e MED, a deposição de órgãos reprodutivos foi em geral inferior a 20 kg.ha^{-1} (a cada 21 dias), com exceção dos picos ocorridos em dezembro/04 (20 kg.ha^{-1}), janeiro/05 (43 kg.ha^{-1}), dezembro/06 (61 kg.ha^{-1}) e janeiro/07 (40 kg.ha^{-1}) na fase INI, e os picos ocorridos em janeiro/04 (43 kg.ha^{-1}), abril/06 (39 kg.ha^{-1}), dezembro/06 (55 kg.ha^{-1}) e janeiro/07 (68 kg.ha^{-1}) na fase MED. Na fase AVA, a deposição foi em geral inferior a 10 kg.ha^{-1} e os picos ocorreram em setembro/05 (28 kg.ha^{-1}), março/06 (35 kg.ha^{-1}) e janeiro/07 (23 kg.ha^{-1}). A maior deposição ocorreu em 2006 ($197, 273$ e $283 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), nas fases INI, MED e AVA, respectivamente.

Desse modo, com menor participação na produção total de serapilheira e padrão de deposição bastante irregular durante o período do estudo, a fração órgãos reprodutivos apresentou picos em dezembro e janeiro (todos os anos, fases INI e MED) e em setembro/04, março/06 e janeiro/07 (fase AVA).

A queda de elementos reprodutivos é reportada na literatura como bastante variável tanto espacial quanto temporalmente. Isto sugere que a variação da produção de material reprodutivo esteja mais relacionada à diversidade de espécies presentes na área e à fenologia das mesmas do que ao estágio sucessional em que se encontra a vegetação (CUNHA *et al.*, 1993; PINTO *et al.*, 2008). As diferentes espécies vegetais componentes do ecossistema possuem flores, frutos e sementes com massa e tamanho diferentes, as quais são produzidas em diferentes quantidades e épocas do ano. Além disso, há o problema do curto período de tempo normalmente utilizado no monitoramento da deposição de serapilheira (BRAY; GORHAM, 1964).

Segundo Wheat (1994)¹⁶, citado por Silva *et al.* (2007), o padrão de queda de frutos depende do modo de dispersão da espécie, mas parece haver uma tendência de baixa produção na época seca, com um ou mais picos na estação chuvosa, indicando que possivelmente sua deposição seja dependente da estratégia de dispersão adotada pela espécie para sua reprodução e não esteja em função das

¹⁶ WHEAT, L.J.T. Patterns of fruit-fall phenology in the Lopé Reserv, Gabon. **Journal of Tropical Ecology**, v.10, p.289-312, 1994.

variações do microclima. Portanto, conforme Diniz e Pagano (1997a), os valores de produção de material reprodutivo em um mesmo tipo de floresta podem variar de acordo com a área estudada, pois estão na dependência das condições abióticas locais, da composição florística e da demografia de cada espécie.

Como as fenofases reprodutivas acontecem em tempos distintos entre as diferentes espécies, seria mais exato estimar a deposição deste tipo de material com coletores alocados, representativamente, sob cada espécie vegetal. No presente estudo, a disposição dos coletores sem o objetivo de estimar a deposição de serapilheira por indivíduo arbóreo, não permite afirmar com certeza se os valores encontrados estão sub- ou super-estimados. A princípio o que se pode afirmar é que durante o período do estudo a deposição de órgãos reprodutivos apresentou a seguinte ordem decrescente entre as fases: MED > AVA > INI, uma vez que a metodologia de coleta utilizada foi a mesma para as três áreas.

4.1.3.5 Serapilheira total

Na Figura 19 é apresentada a deposição da serapilheira total por data de coleta ao longo dos quatro anos do estudo (2004 a 2007), nas fases sucessionais INI, MED e AVA.

A deposição da serapilheira total na fase INI, na maioria das datas de coleta (94%), foi superior a 200 kg.ha^{-1} . As maiores deposições ocorreram em janeiro e dezembro, porém dois picos fora deste período foram observados em agosto de 2005 (449 kg.ha^{-1}) e junho de 2006 (556 kg.ha^{-1}).

Nas fases MED e AVA, a maior deposição concentrou-se no período de setembro a janeiro (primavera e parte do verão). Um elevado pico de deposição foi observado em junho/06 na MED (680 kg.ha^{-1}) devido a uma grande deposição de ramos (232 kg.ha^{-1}) e miscelânea (94 kg.ha^{-1}) ocorrida neste período. Na fase AVA, no período de janeiro-fevereiro/05 houve uma elevada deposição de ramos e de miscelânea, responsável pelo pico de deposição de serapilheira total observada neste período. Em abril/05 este pico se repetiu (521 kg.ha^{-1}), porém a contribuição das folhas foi maior do que a contribuição de ramos e miscelânea. A deposição de ramos, órgãos reprodutivos e miscelânea foi elevada nos primeiros quatro meses do ano 2006, o que propiciou picos de deposição da serapilheira total neste período.

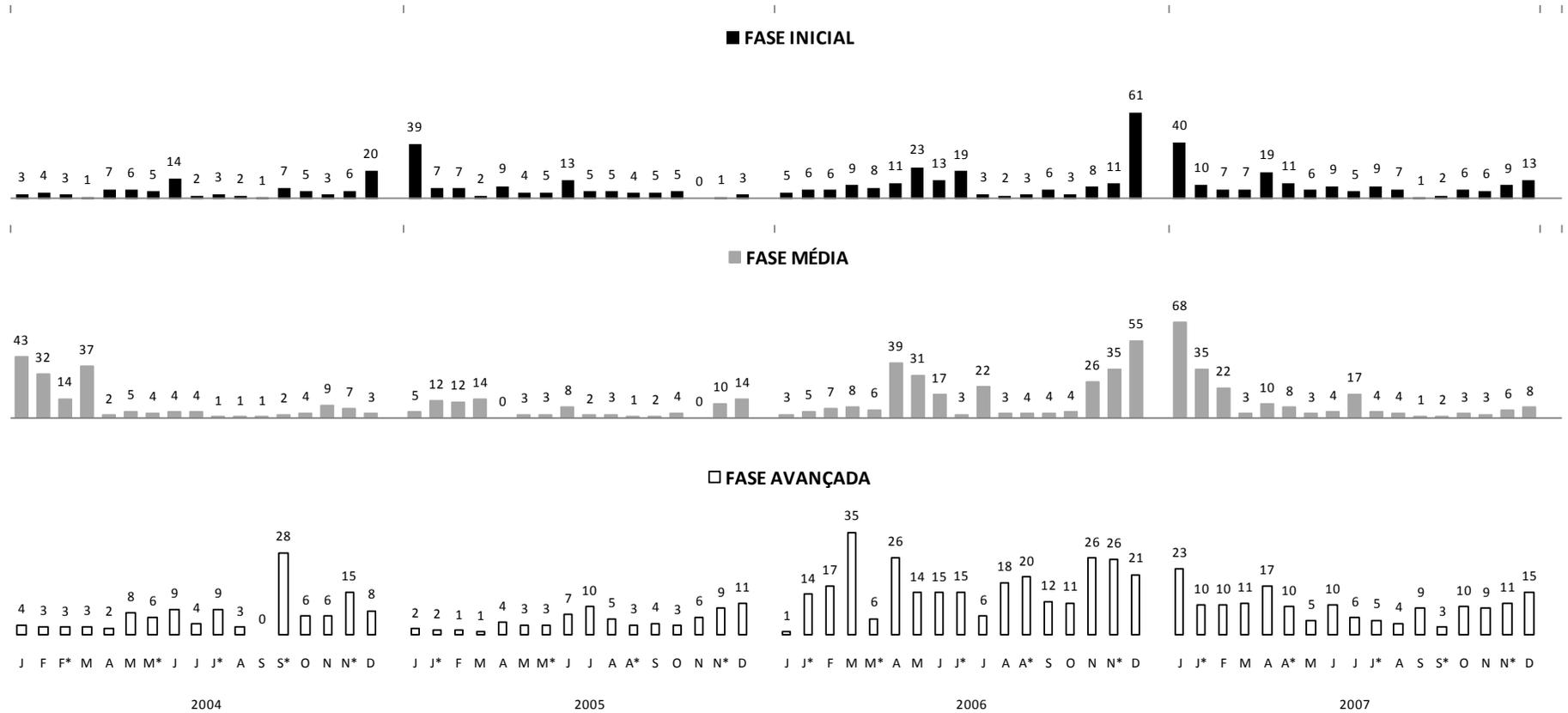


FIGURA 18 – DEPOSIÇÃO (kg.ha⁻¹) DE ÓRGÃOS REPRODUTIVOS AO LONGO DAS DATAS DE COLETA NOS ANOS 2004 A 2007, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.

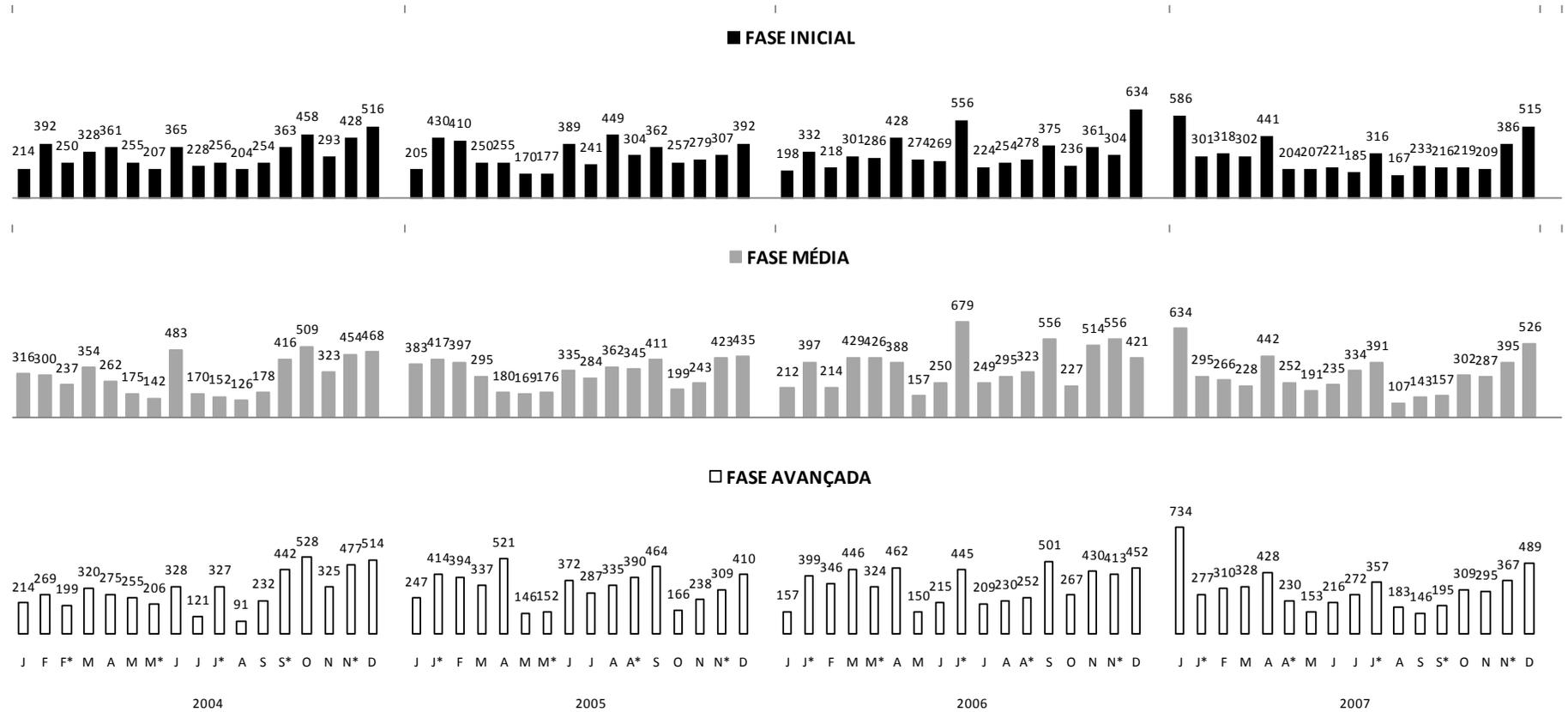


FIGURA 19 – DEPOSIÇÃO (kg.ha⁻¹) DE SERAPILHEIRA TOTAL AO LONGO DAS DATAS DE COLETA NOS ANOS 2004 A 2007, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.

Os resultados da DCA (Detrended Correspondance Analysis) e da RDA (Redundancy Analysis) com os dados de deposição das frações da serapilheira durante o período do estudo e as variáveis meteorológicas precipitação, temperatura média, velocidade do vento e radiação solar são mostrados nas Tabelas 7, 8 e 9, nas fases INI, MED e AVA, respectivamente. Os diagramas resultantes da RDA das fases INI, MED e AVA são mostrados nas Figuras 20, 21 e 22, respectivamente.

Nas três fases, como os comprimentos dos gradientes (DCA) foram menores do que três (Tabelas 7, 8 e 9), a resposta do modelo foi linear. Portanto, optou-se por realizar uma RDA com os dados, visto que esta é a análise direta (condicionada) que se utiliza quando a resposta é linear.

Na fase INI (Tabela 7 e Figura 20), os autovalores foram pequenos, indicando um padrão fraco entre as variáveis, entretanto, mesmo fraco, o padrão foi significativo. Isto pode ser evidenciado pelo resultado do Teste de Monte Carlo, o qual testa a significância dos autovalores. O valor de P para o primeiro eixo foi significativo ($p < 0,05$), indicando a relevância deste eixo. Os autovalores dos eixos 2 a 4 foram extremamente pequenos e, portanto, estes eixos não são relevantes. Sem considerar as variáveis explicativas (meteorológicas), o primeiro eixo explicou 10,4% da variabilidade dos dados. As variáveis meteorológicas explicaram 11,4% $[(0,114/1,000) \cdot 100]$. Desta “fatia” da variabilidade, 90,7% foi explicada no eixo um. As variáveis meteorológicas correlacionadas com o eixo um foram velocidade do vento ($R = -0,91$) e radiação solar ($-0,60$) e as variáveis de resposta correlacionadas com este eixo foram a deposição de folhas da *T. pulchra* ($-0,43$) e *M. coriacea* ($-0,26$). Este resultado mostra que o aumento na deposição de folhas destas espécies está correlacionado fortemente com o aumento da velocidade do vento e da radiação solar e que estas condições podem ser encontradas principalmente nos meses de primavera e verão (lado esquerdo do diagrama de ordenação). As demais variáveis correlacionaram-se com o eixo dois, porém como este eixo não foi relevante neste caso (autovalor pequeno), as correlações destas variáveis com o eixo não foram significativas.

A análise da significância das variáveis meteorológicas individualmente, realizada através da técnica da inclusão de variáveis (forward selection), mostrou que somente a variável velocidade do vento (VV) foi significativa ($P < 0,05$).

TABELA 7 – RESUMO DOS RESULTADOS DA DCA (DETRENDED CORRESPONDANCE ANALYSIS) E RDA (REDUNDANCY ANALYSIS) COM DADOS DE DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E VARIÁVIES METEOROLÓGICAS DOS ANOS 2004 A 2007, DA FASE SUCESSIONAL INICIAL.

TIPO DE ANÁLISE	EIXO				
	1	2	3	4	
DCA (DETRENDED CORRESPONDANCE ANALYSIS)					
Autovalor (eigenvalue)	0,111	0,022	0,014	0,008	
Comprimento do gradiente	0,966	0,934	0,636	0,477	
Variância percentual acumulada das variáveis resposta (frações)	62,5	74,9	82,5	87,1	
RDA (REDUNDANCY ANALYSIS)					
Autovalor (eigenvalue)	0,104	0,007	0,002	0,001	
Correlação fração-variável meteorológica	0,434	0,178	0,165	0,102	
Variância percentual acumulada: das frações (species)	10,4	11,1	11,3	11,4	
da relação fração-variável meteorológica	90,7	97,0	99,1	100,0	
Soma de todos os autovalores			1,000		
Soma de todos os autovalores canônicos			0,114		
Teste de Monte Carlo		1º eixo	todos os eixos		
	Autovalor	0,104	0,114		
	Valor de F	7,169	1,999		
	Valor de P	0,026	0,040		
Correlação das variáveis explicativas (meteorológicas) com os eixos			Escores das variáveis de resposta (frações)		
Variável	EIXO 1	EIXO 2	Variável	EIXO 1	EIXO 2
PT	-0,30	-0,77	<i>T. pulchra</i>	-0,43	0,00
TM	-0,34	-0,48	<i>M. coriacea</i>	-0,26	-0,24
VV	-0,91	0,32	Folhas outras spp.	-0,02	-0,05
RS	-0,60	0,16	Ramos	0,06	-0,10
			Órg. Reprod.	-0,02	-0,22
FORWARD SELECTION					
Variável testada	Valor F	Valor P	VEVS¹	VETV²	Variável entra no modelo
VV	6,17	0,0020	0,09	0,11	SIM
PT	1,26	0,2720	0,10	0,11	NÃO
TM	0,48	0,6420	0,11	0,11	NÃO
RS	0,22	0,8840	0,11	0,11	NÃO

¹ Variância explicada pela variável selecionada

² Variância explicada por todas as variáveis

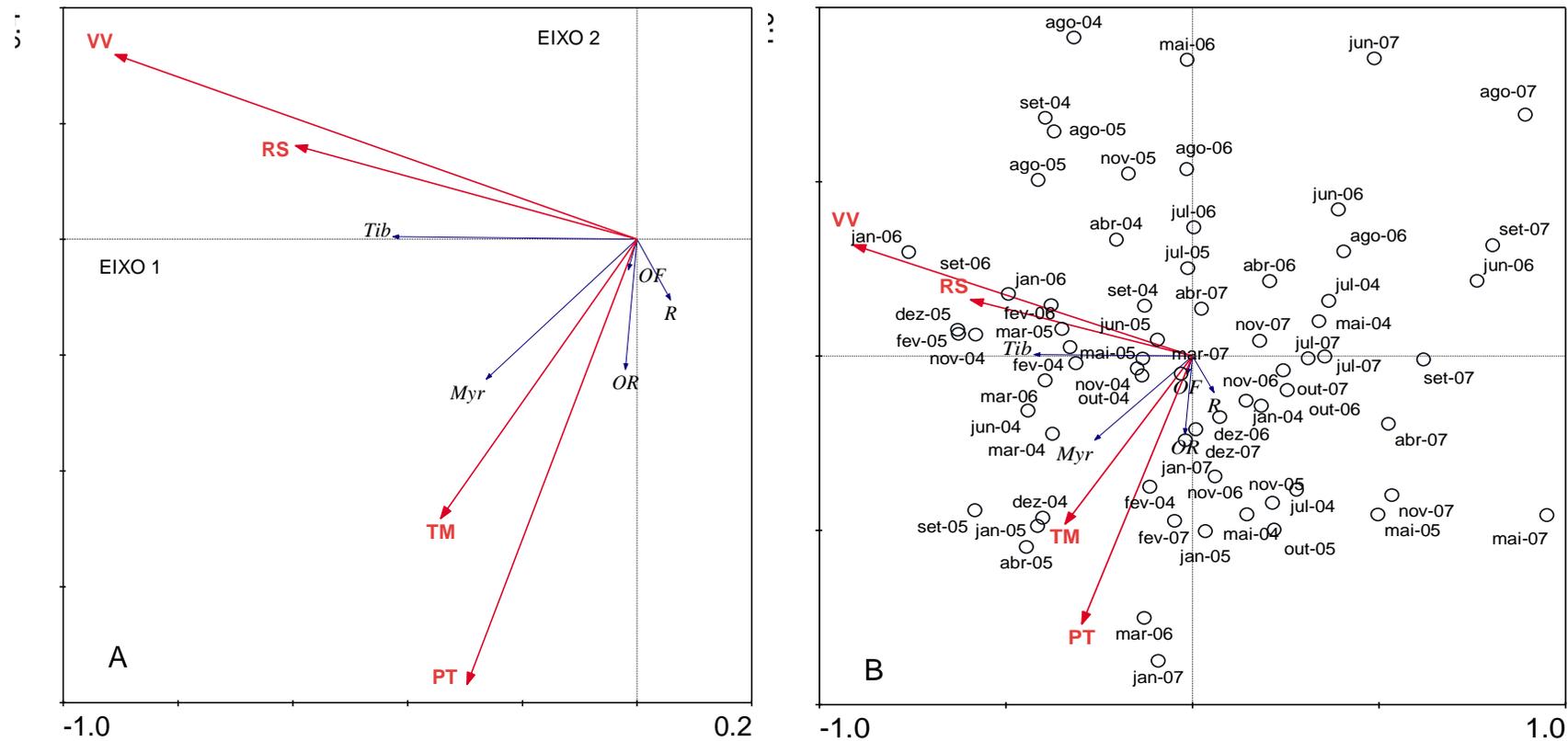


FIGURA 20 – ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA (RDA) DA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NA FASE SUCESSIONAL INICIAL. A – DIAGRAMA DUPLO (FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA VERSUS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS). B – DIAGRAMA TRIPLO (FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA VERSUS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS VERSUS MESES DE COLETA. PT = PRECIPITAÇÃO, TM = TEMPERATURA MÉDIA, VV = VELOCIDADE DO VENTO, RS = RADIAÇÃO SOLAR, Tib = FOLHAS DE *Tibouchina pulchra*, MYR = FOLHAS DE *Myrsine coriacea*, OF = FOLHAS DE OUTRAS ESPÉCIES, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS.

Na fase MED (Tabela 8 e Figura 21), os autovalores também foram baixos, porém significativos. Da mesma forma como observado na fase INI, os eixos dois a quatro não foram relevantes, somente o eixo um. O Teste de Monte Carlo mostrou a significância deste eixo ($P < 0,05$). As variáveis meteorológicas explicaram 13,5% $[(0,135/1,000) * 100]$ da variabilidade dos dados, sendo que desta quantidade, 90,4% foi explicada no eixo um. Somente a variável velocidade do vento (VV) correlacionou-se com o eixo um ($R = -0,63$). As variáveis de resposta correlacionadas com este eixo foram a deposição de folhas da *H. alchorneoides* (-0,60) e *B. meridionalis* (-0,36) e as folhas das outras espécies (-0,39). Este resultado mostra que com o aumento da velocidade do vento a deposição das folhas destas espécies também aumenta e vice-versa e que estas condições foram encontradas principalmente com as amostras do lado inferior esquerdo do diagrama de ordenação. As demais variáveis correlacionaram-se com os demais eixos, porém como os autovalores destes eixos foram muito pequenos, estas correlações não foram relevantes. A análise da significância das variáveis meteorológicas, individualmente, mostrou que as variáveis velocidade do vento (VV) e precipitação (PT) foram significativas ($P < 0,05$).

TABELA 8 – RESUMO DOS RESULTADOS DA DCA (DETRENDED CORRESPONDANCE ANALYSIS) E RDA (REDUNDANCY ANALYSIS) COM DADOS DE DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DOS ANOS 2004 A 2007, DA FASE SUCESSIONAL MÉDIA.

TIPO DE ANÁLISE	EIXO				
	1	2	3	4	
DCA (DETRENDED CORRESPONDANCE ANALYSIS)					
Autovalor (eigenvalue)	0,079	0,037	0,024	0,013	
Comprimento do gradiente	1,083	0,908	0,962	0,805	
Variância percentual acumulada das variáveis resposta (frações)	33,8	49,9	60,2	65,6	
RDA (REDUNDANCY ANALYSIS)					
Autovalor (eigenvalue)	0,122	0,011	0,002	0,000	
Correlação fração-variável meteorológica	0,421	0,435	0,244	0,113	
Variância percentual acumulada: das frações (species)	12,2	13,3	13,5	13,5	
da relação fração-variável meteorológica	90,4	98,2	99,8	100,0	
Soma de todos os autovalores			1,000		
Soma de todos os autovalores canônicos			0,135		
	Teste de Monte Carlo	1º eixo	todos os eixos		
	Autovalor	0,122	0,135		
	Valor de F	8,616	2,418		
	Valor de P	0,024	0,028		
Correlação das variáveis explicativas (meteorológicas) com os eixos			Escores das variáveis de resposta (frações)		
Variável	EIXO 1	EIXO 2	Variável	EIXO 1	EIXO 2
PT	-0,63	0,67	<i>S. guianensis</i>	-0,19	0,22
TM	-0,34	0,82	<i>H. alchorneoides</i>	-0,60	-0,05
VV	-0,63	-0,44	<i>Alchornea</i> sp.	-0,11	-0,42
RS	-0,24	0,59	<i>B. meridionalis</i>	-0,36	0,25
			Folhas outras spp.	-0,39	-0,02
			Ramos	-0,04	-0,04
			Órg. Reprod.	-0,08	0,36
FORWARD SELECTION					
Variável testada	Valor F	Valor P	VEVS¹	VETV²	Variável entra no modelo
VV	3,63	0,0320	0,05	0,13	SIM
PT	4,22	0,0220	0,11	0,13	SIM
TM	1,05	0,3060	0,13	0,13	NÃO
RS	0,65	0,5140	0,13	0,13	NÃO

¹ Variância explicada pela variável selecionada

² Variância explicada por todas as variáveis

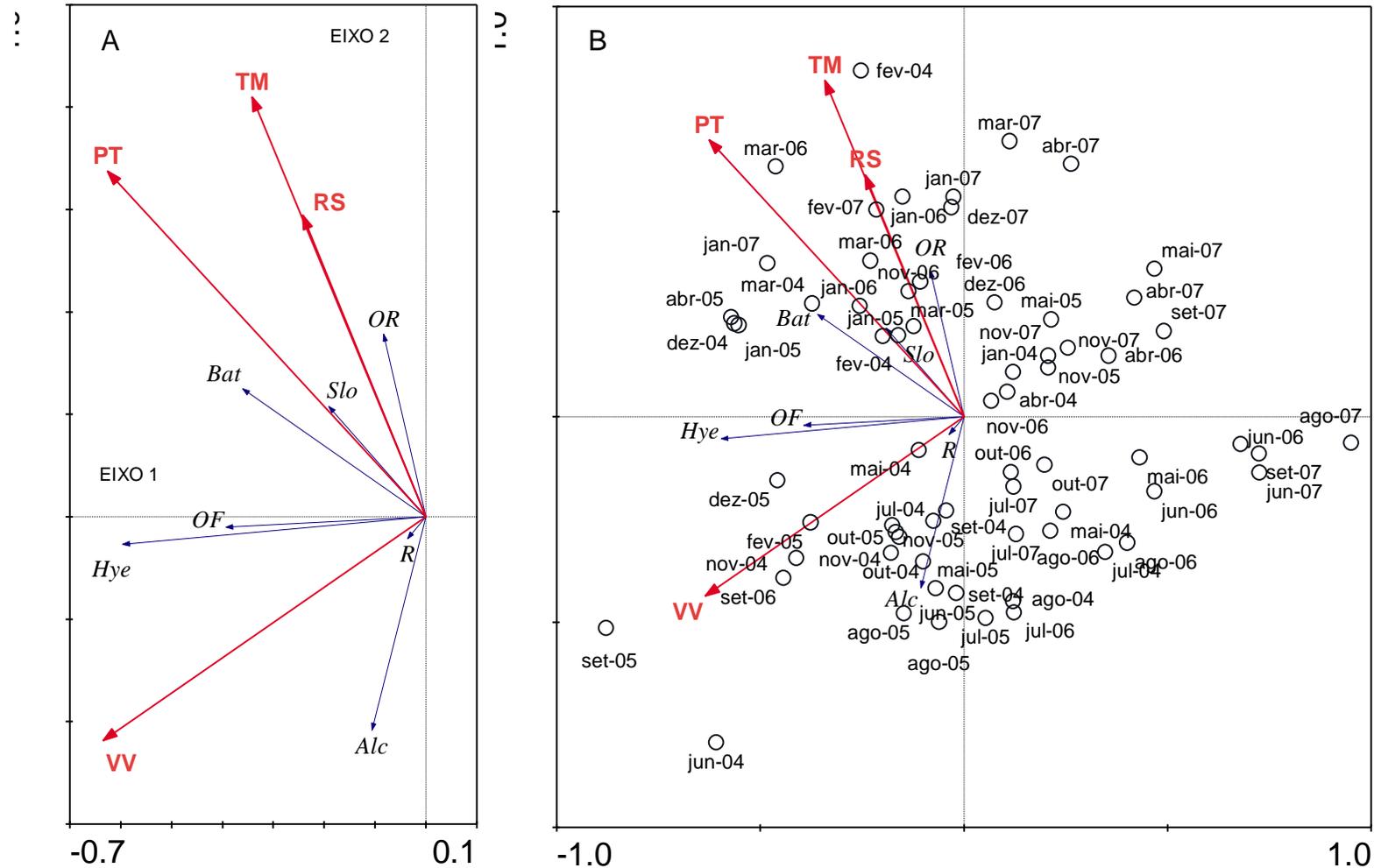


FIGURA 21 – ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA (RDA) DA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NA FASE SUCSSIONAL MÉDIA. A – DIAGRAMA DUPLO (FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA VERSUS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS). B – DIAGRAMA TRIPLO (FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA VERSUS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS VERSUS MESES DE COLETA. PT = PRECIPITAÇÃO, TM = TEMPERATURA MÉDIA, VV = VELOCIDADE DO VENTO, RS = RADIAÇÃO SOLAR, Slo = FOLHAS DE *Sloanea guianensis*, Hye = FOLHAS DE *Hyeronima alchorneoides*, Bat = FOLHAS DE *Bathysa meridionalis*, Alc = FOLHAS DE *Alchornea* sp., OF = FOLHAS DE OUTRAS ESPÉCIES, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS.

Na fase AVA (Tabela 9 e Figura 22), novamente os autovalores foram pequenos, mostrando uma grande variabilidade dos dados (elevado “ruído”) e, portanto, um padrão fraco entre eles, o qual, embora fraco, foi significativo. Somente o eixo um foi relevante e as variáveis meteorológicas associadas a ele explicaram 18,6% $[(0,186/1,000)*100]$ da variabilidade. Desta quantidade explicada, 93,3% foi atribuída ao eixo um. As variáveis correlacionadas com este eixo foram velocidade do vento ($R = 0,67$), deposição de folhas da *S. guianensis* (0,42), *H. alchorneoides* (0,45), *P. guianensis* (0,32) e folhas das outras espécies (0,45). Conforme o aumento da velocidade do vento, a deposição destas frações da serapilheira também aumentou e vice-versa e estas condições ocorreram principalmente nas datas concentradas no lado superior direito do diagrama de ordenação. Na seleção de variáveis para o modelo, velocidade do vento e precipitação foram significativas ($P < 0,05$).

Portanto, nas três fases, a velocidade do vento foi a variável mais importante na explicação do fenômeno da deposição de serapilheira, para o conjunto de dados analisados. E esta correlação ocorreu principalmente com as folhas. Os ramos e os órgãos reprodutivos não apresentaram correlações significativas.

TABELA 9 – RESUMO DOS RESULTADOS DA DCA (DETRENDED CORRESPONDANCE ANALYSIS) E RDA (REDUNDANCY ANALYSIS) COM DADOS DE DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DOS ANOS 2004 A 2007, DA FASE SUCESSIONAL AVANÇADA.

TIPO DE ANÁLISE	EIXO				
	1	2	3	4	
DCA (DETRENDED CORRESPONDANCE ANALYSIS)					
Autovalor (eigenvalue)	0,054	0,039	0,016	0,012	
Comprimento do gradiente	0,858	1,079	0,629	0,482	
Variância percentual acumulada das variáveis resposta (frações)	28,2	48,8	57,3	63,6	
RDA (REDUNDANCY ANALYSIS)					
Autovalor (eigenvalue)	0,174	0,011	0,002	0,000	
Correlação fração-variável meteorológica	0,167	0,546	0,146	0,110	
Variância percentual acumulada: das frações (species)	17,4	18,4	18,6	18,6	
da relação fração-variável meteorológica	93,3	98,9	99,9	100,0	
Soma de todos os autovalores			1,000		
Soma de todos os autovalores canônicos			0,186		
Teste de Monte Carlo		1º eixo	todos os eixos		
	Autovalor	0,174	0,186		
	Valor de F	13,055	3,552		
	Valor de P	0,008	0,008		
Correlação das variáveis explicativas (meteorológicas) com os eixos			Escores das variáveis de resposta (frações)		
Variável	EIXO 1	EIXO 2	Variável	EIXO 1	EIXO 2
PT	0,56	-0,64	<i>S. guianensis</i>	0,42	-0,20
TM	0,23	-0,94	<i>H. alchorneoides</i>	0,45	-0,26
VV	0,67	0,27	<i>Alchornea</i> sp.	0,18	0,38
RS	0,15	-0,70	<i>P. guianensis</i>	0,32	-0,01
			<i>M. tomentosa</i>	0,14	-0,52
			Folhas outras spp.	0,45	0,03
			Ramos	0,12	-0,02
			Órg. Reprod.	-0,11	-0,17
FORWARD SELECTION					
Variável testada	Valor F	Valor P	VEVS¹	VETV²	Variável entra no modelo
VV	5,59	0,0200	0,08	0,19	SIM
PT	5,06	0,0140	0,15	0,19	SIM
TM	2,22	0,1240	0,18	0,19	NÃO
RS	0,81	0,4260	0,19	0,19	NÃO

¹ Variância explicada pela variável selecionada

² Variância explicada por todas as variáveis

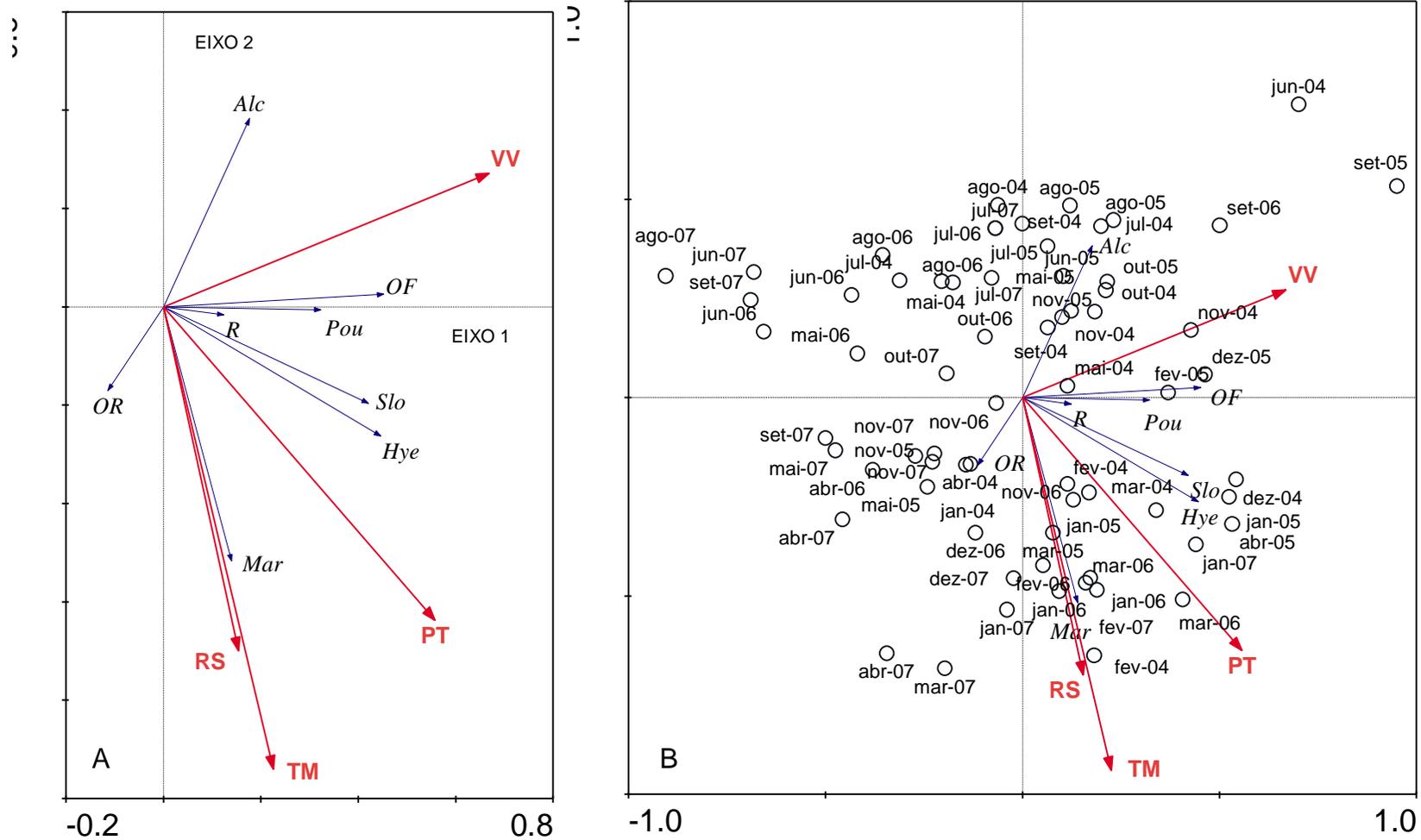


FIGURA 22 – ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA (RDA) DA DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NA FASE SUCESSIONAL AVANÇADA. A – DIAGRAMA DUPLO (FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA VERSUS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS. B – DIAGRAMA TRIPLO (FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA VERSUS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS VERSUS MESES DE COLETA. PT = PRECIPITAÇÃO, TM = TEMPERATURA MÉDIA, VV = VELOCIDADE DO VENTO, RS = RADIAÇÃO SOLAR, Slo = FOLHAS DE *Sloanea guianensis*, Hye = FOLHAS DE *Hyeronima alchorneoides*, Alc = FOLHAS DE *Alchornea* sp., Pou = FOLHAS DE *Pourouma guianensis*, Mar = FOLHAS DE *Marlieria tomentosa*, OF = FOLHAS DE OUTRAS ESPÉCIES, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS.

Os resultados dos estudos de produção de serapilheira que correlacionam esta variável com as variáveis meteorológicas são muito diversos, variando de um extremo de ausência de correlações a outro onde as correlações são numerosas e altamente significativas. Meguro, Vinueza e Delitti (1979); Luizão e Schubart (1986), Pagano (1989), Teixeira *et al.* (1992), Cesar (1993a), Oliveira e Lacerda (1993), Custódio-filho *et al.* (1996), Pezzatto e Wisniewski (2006), Pereira, Menezes e Schultz (2008) não encontraram correlações da deposição com o clima ou estas correlações foram muito fracas. Pires *et al.* (2006), em área de restinga em Paranaguá, PR, obtiveram correlações positivas significativas entre a deposição de serapilheira e velocidade do vento e temperatura média, com coeficientes de determinação variando de 0,59 a 0,80 ($P < 0,05$). Já Britez (2004), na mesma área, encontrou correlação somente entre a deposição e a temperatura média dos meses correspondentes.

O padrão de deposição de serapilheira em florestas tropicais sempre é muito discutido nos artigos que tratam deste tema. Observa-se que em muitas florestas há uma tendência de maior deposição ao final ou durante os períodos mais secos, porém esta característica está mais restrita às formações florestais semidecíduais ou decíduais (PAGANO, 1989; MORELLATO, 1992; CESAR, 1993a; SCHLITTLER; DE MARINIS; CESAR, 1993; TREVISAN, 1998; BACKES, 2001; WERNECK; PEDRALLI; GIESEKE, 2001; KÖNIG *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 2007). Em outros casos, não foi observada grande variação na deposição ao longo do ano, ou seja, não houve sazonalidade marcante (MEGURO; VINUEZA; DELITTI, 1979; VARJABEDIAN; PAGANO, 1988; DOMINGOS *et al.*, 1990; TEIXEIRA *et al.*, 1992; LEITÃO FILHO *et al.*, 1993; CUSTÓDIO FILHO *et al.*, 1996). Em contrapartida, em algumas florestas de caráter perenifólio e outras semidecíduas, os períodos de maior deposição coincidem com as épocas mais quentes e úmidas do ano (BRITTEZ *et al.*, 1992; CUNHA *et al.*, 1993; OLIVEIRA; LACERDA, 1993; BRITTEZ, 1994; DIAS; OLIVEIRA FILHO, 1997; LOUZADA *et al.*, 1997; MORAES *et al.*, 1999; SCHUMACHER *et al.*, 2003; MARTINS *et al.*, 2003; PINTO; MARQUES, 2003; PIRES *et al.*, 2006; ROCHA, 2006; SCHEER, 2006).

A deposição de serapilheira nas florestas secundárias da Reserva do Cachoeira não apresentou o mesmo padrão sazonal nos quatro anos de estudo, porém, em média, as maiores deposições ocorreram nas estações mais quentes e úmidas (primavera e verão). Este padrão de deposição sem sazonalidade marcante,

porém com picos nas estações quentes e úmidas também foi observado em outros trabalhos realizados na Floresta Atlântica, nas formações restinga (BRITZ, 1994; MORAES *et al.*, 1999 e PIRES *et al.*, 2006), FOD das Terras Baixas (LOUZADA *et al.*, 1997; PINTO; MARQUES, 2003 e ROCHA, 2006), FOD Aluvial (SCHEER 2006), FOD Submontana (VARJABEDIAN; PAGANO, 1988 e MORAES *et al.*, 1999) e FOD Montana (JACKSON, 1978; OLIVEIRA; LACERDA, 1993 e CUSTÓDIO FILHO *et al.*, 1996). A ausência de extremos climáticos nas regiões tropicais e subtropicais, aliada à diversidade florística destas regiões, permitem que a floresta produza serapilheira durante todo o ano, embora com uma acentuada abscisão foliar após o inverno, antes que a maioria da vegetação retome o crescimento (CUNHA *et al.*, 1993).

Jackson, em 1978, formulou a hipótese de que a estratégia mais vantajosa para a troca de folhas de uma planta perene em um clima não-sazonal seria a retenção e uso fotossintético de uma folha velha até que uma nova se desenvolvesse, seguido da transferência dos elementos minerais das folhas velhas para as novas e, finalmente, abscisão das mesmas. Esta estratégia resultaria em uma máxima queda de folhas durante a estação de crescimento, ou uma contínua produção de serapilheira se o crescimento de folhas novas fosse contínuo.

Os resultados encontrados neste trabalho indicam que na Reserva do Cachoeira a brotação (produção de folhas novas) e a queda de folhas (produção de serapilheira) sejam eventos mais ou menos contínuos ao longo do ano, porém com picos na primavera e verão, como estratégia energética das plantas para aproveitamento do período de maior disponibilidade de água e radiação solar. Cardoso (2006), em estudo fenológico de algumas espécies arbóreas de diferentes categorias sucessionais (pioneiras, secundárias iniciais e secundárias tardias) na mesma Reserva, encontrou que as fenofases brotação e queda foliar ocorreram ao longo de todo o período de observações (dois anos), com um pico no mês de setembro de 2004 para queda foliar e no mês de novembro de 2005 para a brotação.

Segundo Larcher (1986), a abscisão nas plantas de 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 brotamento de folhas. Além disso, segundo Maia (1983), fatores ambientais físicos como aumento da umidade do solo, da temperatura e da quantidade de serapilheira no início do

verão, incrementam a atividade dos organismos do solo e, conseqüentemente, aumentam a velocidade de decomposição e a disponibilidade de nutrientes.

Como a abscisão de tecidos vegetais, além dos fatores climáticos e filogenéticos da planta, é influenciada por fatores pedológicos (umidade e aeração do solo, deficiência e toxicidade de constituintes minerais, salinidade e alcalinidade), poluentes atmosféricos, fogo, gravidade, insetos, microorganismos patogênicos, doenças, competição entre folhas novas e velhas (ADDICOTT; LYON, 1973; KOZLOWSKI; PALLARDY, 1996¹⁷, citados por CALDEIRA *et al.*, 2008), o estabelecimento de padrões de deposição baseados em apenas um ou poucos fatores deve ser visto com cautela.

¹⁷ KOSLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S.G. **Physiological of woody**. 2.ed. San Diego: Academic, 1996.

4.1.4 Bioelementos na serapilheira depositada

4.1.4.1 Concentração de carbono, macronutrientes e sódio e relação C/N

A composição química das frações da serapilheira foi avaliada em amostras compostas por estação do ano. Na Tabelas 10, 11 e 12 são apresentados os resultados médios de três anos de estudo (2004 a 2006), respectivamente para as fases INI, MED e AVA.

A concentração média dos elementos variou amplamente entre as frações da serapilheira e fases sucessionais: de 438 a 486 g.kg⁻¹ de C; 8 a 23 g.kg⁻¹ de N; 0,3 a 1,2 g.kg⁻¹ de P; 1 a 5 g.kg⁻¹ de K; 1 a 11 de g.kg⁻¹ Ca; 0,9 a 2,3 g.kg⁻¹ de Mg; e 0,4 a 1,2 g.kg⁻¹ de Na. A relação C/N média variou de 20 a 60.

Os intervalos de concentração de nutrientes na serapilheira encontrados em florestas tropicais são amplos: 6 a 18 g.kg⁻¹ de N, 0,2 a 4,4 g.kg⁻¹ de P, 0,4 a 9,9 g.kg⁻¹ de K, 2 a 30 g.kg⁻¹ de Ca e 1,3 a 9,0 g.kg⁻¹ de Mg (BRASELL; UNWIN; STOCKER, 1980¹⁸; PROCTOR, 1984¹⁹; RAI; PROCTOR, 1986²⁰, citados por HERBOHN; CONGDON, 1998). Portanto, todos os valores encontrados neste estudo estão dentro do intervalo para florestas tropicais, porém a maior concentração de N ficou acima do limite superior e as concentrações de P, K, Ca e Mg ficaram mais próximas ao limite inferior do intervalo citado por aqueles autores.

Na fase INI, de maneira geral, as concentrações dos elementos e a relação C/N não variaram entre as estações para todas as frações da serapilheira e total (Tabela 10). Porém, algumas exceções ocorreram com a relação C/N e a concentração de N: diferença na C/N da fração folhas total entre as estações, porém a diferença foi pequena; C/N dos ramos menor no inverno (apesar de não haver diferença estatística significativa); maior C/N no verão e primavera nos órgãos reprodutivos e maior concentração de N no outono e inverno; menor relação C/N e maior concentração de N no outono e inverno na serapilheira total.

¹⁸ BRASELL, H.M.; UNWIN, G.L.; STOCKER, G.C. The quantity, temporal distribution and mineral element content of litterfall in two forest types at two sites in tropical Australia. **Journal of Ecology**, v. 68, p. 123-139, 1980.

¹⁹ PROCTOR, J. **Tropical forest litterfall**. II. The data set. Pp 83-113 in Chadwick, A.C. & Sutton, S.L., (eds). Tropical rain forest. The Leeds symposium. Leeds Philosophical and Literary Society, Leeds. 1984.

²⁰ RAI, S.N. & PROCTOR, J. Ecological studies on four rainforests in Karnataka, India. II. Litterfall. **Journal of Ecology**, v.74, p.455-463, 1986.

Na fase MED também foram poucas as diferenças entre as estações (Tabela 11). As exceções foram as seguintes: relação C/N da fração folhas total diferiu entre outono e inverno (25,5 e 28,7, respectivamente) e concentração de N maior no outono e menor no inverno; menor concentração de N da fração ramos na primavera e maior no verão e concentração de P menor no outono e maior no inverno; maior relação C/N dos órgãos reprodutivos no verão (40), maior concentração de N no outono e inverno e menor no verão, maior concentração de Ca no outono e inverno e maior concentração de Na na primavera; pequena diferença na relação CN da serapilheira total entre primavera e outono (28,4 e 26,1, respectivamente).

Na fase AVA as diferenças entre as estações foram ainda mais raras (Tabela 12). As exceções a este comportamento foram as seguintes: na fração órgãos reprodutivos, a relação C/N e a concentração de C foram maiores no inverno e menores na primavera; na miscelânea, a concentração de K foi maior na primavera e a de Ca foi maior na primavera e menor no verão; concentração de Ca maior no outono nos ramos, apesar de não haver diferença estatística significativa.

Portanto, a influência das estações na dinâmica de nutrientes da serapilheira foi pequena ou inexistente nas três fases. Este comportamento já foi relatado por outros autores (CUEVAS; MEDINA, 1986; PAGANO, 1989; PROCTOR et al, 1989; CUNHA *et al.*, 1993; CESAR, 1993b; DOMINGOS *et al.*, 1997; HERBOHN; CONGDON, 1998; MORAES *et al.*, 1999; BARBOSA, 1999; PEZZATO, 2004; ROCHA, 2006; SCHEER, 2006). Cunha *et al.* (1993) afirmaram que a estabilidade nas concentrações dos elementos demonstra que a qualidade da serapilheira pouco se altera durante o ano e que, por isso mesmo, a serapilheira influencia a dinâmica anual de populações de organismos do solo e o fornecimento de nutrientes mais em função de sua quantidade do que de variação em sua qualidade.

Britez (1994) comentou que os padrões de sazonalidade são de difícil entendimento, pois vários fatores podem influenciar os teores contidos nas frações da serapilheira tais como a diversidade de espécies e de partes da planta que compõem a serapilheira, diferentes períodos de deposição, local da árvore de onde o material é proveniente (posição na copa), lavagem das folhas, entre outros.

Dessa forma, neste estudo o padrão sazonal de retorno de nutrientes ao solo foi determinado pelo padrão de deposição de serapilheira, uma vez que a concentração dos elementos foi bastante uniforme durante o período do estudo.

TABELA 10 - CONCENTRAÇÃO DE CARBONO, MACRONUTRIENTES E SÓDIO E RELAÇÃO C/N DA SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) DA FASE INICIAL NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO.

FRAÇÃO	ESTAÇÃO	CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS (g.kg ⁻¹)										RELAÇÃO					
		C		N		P		K		Ca		Mg		Na		C/N	
FOLHAS TOTAL	Verão	464,7 a ¹	(4,68) ³	12,6 a	(0,19)	0,61 a	(0,09)	2,2 a	(0,12)	8,0 a	(0,42)	1,2 a	(0,12)	0,66 a	(0,06)	37,0 a	(0,19)
	Outono	473,0 a	(2,89)	13,3 a	(0,96)	0,60 a	(0,01)	2,9 a	(0,13)	9,8 a	(0,99)	1,1 a	(0,09)	0,81 a	(0,13)	36,1 a	(2,53)
	Inverno	465,4 a	(3,96)	13,7 a	(0,39)	0,65 a	(0,09)	2,9 a	(0,43)	9,8 a	(0,39)	1,1 a	(0,13)	0,82 a	(0,11)	33,9 a	(0,68)
	Primavera	464,4 a	(4,24)	13,6 a	(0,13)	0,61 a	(0,06)	2,7 a	(0,27)	9,0 a	(0,39)	1,3 a	(0,03)	0,78 a	(0,03)	34,0 a	(0,51)
	MÉDIA	467 A²	(2,02)	13,3 B	(0,27)	0,62 B	(0,03)	2,7 A	(0,15)	9,1 B	(0,34)	1,2 B	(0,05)	0,77 A	(0,04)	35,2 B	(0,70)
RAMOS	Verão	460,7 a	(1,01)	8,3 a	(1,45)	0,36 a	(0,14)	1,4 b	(0,20)	4,8 a	(0,54)	1,3 a	(0,32)	0,40 a	(0,06)	59,7 a	(12,3)
	Outono	456,9 a	(4,50)	9,2 a	(1,09)	0,32 a	(0,06)	1,9 ab	(0,15)	6,7 a	(1,02)	1,3 a	(0,09)	0,50 a	(0,00)	51,3 a	(6,88)
	Inverno	450,9 a	(5,07)	10,5 a	(0,60)	0,55 a	(0,23)	2,2 a	(0,29)	7,1 a	(0,60)	1,8 a	(0,12)	0,56 a	(0,09)	43,0 a	(2,42)
	Primavera	456,9 a	(7,27)	8,7 a	(1,52)	0,35 a	(0,10)	2,2 a	(0,07)	6,1 a	(1,37)	1,6 a	(0,38)	0,56 a	(0,09)	57,3 a	(12,97)
	MÉDIA	456 B	(2,38)	9,2 C	(0,58)	0,39 C	(0,07)	1,9 B	(0,13)	6,2 C	(0,48)	1,5 A	(0,13)	0,51 B	(0,04)	52,9 A	(4,55)
ÓRGÃOS REPROD.	Verão	446,3 a	(6,71)	11,9 b	(0,39)	0,86 a	(0,12)	3,1 a	(0,07)	7,0 a	(0,53)	1,1 a	(0,02)	0,56 a	(0,03)	37,5 a	(0,70)
	Outono	450,4 a	(7,99)	14,1 a	(0,77)	0,86 a	(0,04)	2,6 a	(0,82)	8,2 a	(0,65)	1,0 a	(0,18)	0,57 a	(0,12)	32,0 b	(1,15)
	Inverno	457,8 a	(2,35)	14,1 a	(0,51)	0,91 a	(0,08)	2,5 a	(0,49)	6,5 a	(0,70)	0,9 a	(0,08)	0,43 a	(0,07)	32,5 b	(1,25)
	Primavera	452,5 a	(2,48)	11,9 b	(0,55)	0,74 a	(0,11)	3,4 a	(0,32)	6,3 a	(1,33)	1,0 a	(0,03)	0,63 a	(0,03)	38,1 a	(1,70)
	MÉDIA	452 B	(2,65)	13,0 B	(0,41)	0,85 A	(0,04)	2,9 A	(0,24)	7,0 C	(0,43)	1,0 C	(0,05)	0,55 B	(0,04)	35,0 B	(0,99)
MISC.	Verão	446,5 a	(1,49)	15,8 a	(0,32)	0,96 a	(0,11)	2,2 a	(0,20)	9,2 a	90,530	1,3 a	(0,03)	0,46 b	(0,03)	28,4 a	(0,47)
	Outono	444,5 a	(4,10)	16,1 a	(0,69)	0,86 a	(0,09)	2,5 a	(0,03)	11,8 a	(1,86)	1,2 a	(0,05)	0,63 ab	(0,03)	27,8 a	(1,14)
	Inverno	448,6 a	(1,54)	17,0 a	(0,17)	0,96 a	(0,09)	2,7 a	(0,50)	10,7 a	(0,43)	1,2 a	(0,11)	0,67 a	(0,09)	26,4 a	(0,19)
	Primavera	438,4 a	(9,50)	16,1 a	(1,05)	0,76 a	(0,06)	2,9 a	(0,49)	11,1 a	(0,08)	1,4 a	(0,14)	0,63 ab	(0,07)	27,5 a	(1,35)
	MÉDIA	445 C	(2,53)	16,2 A	(0,31)	0,88 A	(0,05)	2,6 A	(0,17)	10,7 A	(0,51)	1,3 A	(0,05)	0,60 B	(0,03)	27,5 C	(0,45)
SERAP. TOTAL	Verão	457,9 a	(3,76)	12,3 b	(0,43)	0,67 a	(0,10)	2,2 a	(0,08)	7,5 b	(0,13)	1,2 a	(0,09)	0,57 a	(0,04)	37,4 a	(1,11)
	Outono	461,8 a	(0,81)	13,2 ab	(0,68)	0,64 a	(0,02)	2,6 a	(0,20)	9,3 a	(0,79)	1,2 a	(0,07)	0,68 a	(0,08)	35,2 ab	(1,91)
	Inverno	458,9 a	(3,22)	13,8 a	(0,10)	0,73 a	(0,10)	2,7 a	(0,41)	9,0 ab	(0,36)	1,2 a	(0,10)	0,69 a	(0,09)	33,2 b	(0,09)
	Primavera	456,8 a	(3,03)	12,9 ab	(0,29)	0,61 a	(0,06)	2,7 a	(0,21)	8,4 ab	(0,22)	1,3 a	(0,07)	0,70 a	(0,02)	35,4 ab	(1,04)
	MÉDIA	459	(1,37)	13,1	(0,25)	0,66	(0,04)	2,6	(0,13)	8,6	(0,28)	1,2	(0,04)	0,66	(0,03)	35,3	(0,68)

¹ Valores em coluna seguidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P<0,05$) – comparação entre estações para cada fração da serapilheira e total.

² Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P<0,05$) - comparação entre frações (média anual).

³ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

Obs.: Os valores de Na nos ramos e Ca na miscelânea foram comparados pelo teste de Mann-Whitney ($P<0,05$) (análise não-paramétrica) – comparação entre estações. E os valores médios de C/N, P e Mg também foram comparados pelo teste de Mann-Whitney ($P<0,05$) (análise não-paramétrica).

TABELA 11 - CONCENTRAÇÃO DE CARBONO, MACRONUTRIENTES E SÓDIO E RELAÇÃO C/N DA SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) DA FASE MÉDIA NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO.

FRAÇÃO	ESTAÇÃO	CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS (g.kg ⁻¹)										RELAÇÃO					
		C		N		P		K		Ca		Mg		Na		C/N	
FOLHAS TOTAL	Verão	482,2 a	(1,71)	18,1 ab	(0,28)	0,68 a	(0,10)	2,1 a	(0,15)	2,2 a	(0,20)	1,9 a	(0,20)	0,57 a	(0,03)	26,7 ab	(0,34)
	Outono	475,7 a	(3,31)	18,8 a	(1,00)	0,67 a	(0,03)	2,4 a	(0,13)	2,9 a	(0,27)	2,1 a	(0,28)	0,64 a	(0,06)	25,5 b	(1,38)
	Inverno	480,5 a	(3,68)	16,7 b	(0,57)	0,75 a	(0,08)	2,5 a	(0,22)	2,7 a	(0,45)	1,8 a	(0,05)	0,61 a	(0,03)	28,7 a	(0,73)
	Primavera	482,2 a	(3,07)	17,4 ab	(0,31)	0,68 a	(0,04)	2,3 a	(0,20)	2,7 a	(0,30)	2,1 a	(0,04)	0,65 a	(0,03)	27,8 ab	(0,51)
	MÉDIA	480 A	(1,52)	17,7 B	(0,35)	0,70 B	(0,03)	2,3 B	(0,09)	2,6 AB	(0,15)	2,0 A	(0,08)	0,62 A	(0,02)	27,2 B	(0,51)
RAMOS	Verão	473,9 a	(2,27)	14,0 a	(0,43)	0,52 ab	(0,15)	2,1 a	(0,38)	2,3 a	(0,24)	1,4 a	(0,19)	0,63 a	(0,09)	33,9 a	(1,21)
	Outono	466,6 a	(2,99)	13,1 ab	(1,88)	0,32 b	(0,05)	2,5 a	(0,49)	2,8 a	(0,89)	1,3 a	(0,28)	0,70 a	(0,20)	37,5 a	(6,07)
	Inverno	466,3 a	(2,70)	13,7 a	(0,13)	0,60 a	(0,03)	2,2 a	(0,31)	3,1 a	(0,42)	1,5 a	(0,08)	0,63 a	(0,03)	34,1 a	(0,21)
	Primavera	472,3 a	(1,51)	12,0 b	(0,66)	0,53 ab	(0,04)	2,2 a	(0,29)	1,9 a	(0,15)	1,4 a	(0,03)	0,86 a	(0,06)	39,5 a	(2,20)
	MÉDIA	470 C	(1,45)	13,2 C	(0,49)	0,49 C	(0,05)	2,2 B	(0,17)	2,5 B	(0,26)	1,4 B	(0,08)	0,71 A	(0,06)	36,2 A	(1,57)
ÓRGÃOS REPROD.	Verão	465,3 a	(9,91)	11,9 b	(1,53)	0,86 a	(0,17)	3,9 a	(0,33)	0,6 b	(0,23)	1,2 a	(0,32)	0,73 ab	(0,19)	40,4 a	(4,97)
	Outono	480,7 a	(3,20)	18,4 a	(1,62)	0,91 a	(0,15)	3,5 a	(0,76)	2,3 a	(0,68)	1,5 a	(0,14)	0,58 b	(0,04)	26,5 b	(2,36)
	Inverno	483,8 a	(4,35)	18,7 a	(1,58)	0,98 a	(0,10)	3,6 a	(0,61)	1,3 ab	(0,46)	1,5 a	(0,26)	0,63 b	(0,09)	26,2 b	(1,89)
	Primavera	482,1 a	(11,65)	15,0 ab	(1,02)	0,87 a	(0,07)	5,0 a	(0,35)	0,7 b	(0,34)	1,5 a	(0,09)	1,16 a	(0,18)	32,3 ab	(1,74)
	MÉDIA	478 AB	(4,11)	16,0 B	(1,05)	0,90 A	(0,06)	4,0 A	(0,29)	1,3 C	(0,28)	1,4 B	(0,10)	0,77 A	(0,09)	31,3 B	(2,17)
MISC.	Verão	469,7 a	(0,24)	21,7 a	(0,43)	0,90 a	(0,07)	2,3 a	(0,18)	2,8 a	(0,18)	2,0 b	(0,09)	0,53 a	(0,03)	21,7 a	(0,44)
	Outono	472,7 a	(2,86)	20,9 a	(0,38)	0,81 a	(0,04)	3,2 a	(0,74)	4,1 a	(0,82)	2,1 ab	(0,06)	0,76 a	(0,18)	22,6 a	(0,35)
	Inverno	473,9 a	(2,76)	21,1 a	(0,68)	0,89 a	(0,10)	2,3 a	(0,37)	3,2 a	(0,37)	2,1 ab	(0,05)	0,60 a	(0,06)	22,5 a	(0,63)
	Primavera	473,8 a	(1,82)	21,4 a	(0,84)	0,99 a	(0,05)	2,9 a	(0,06)	3,0 a	(0,43)	2,3 a	(0,09)	0,70 a	(0,06)	22,2 a	(0,92)
	MÉDIA	473 BC	(1,06)	21,3 A	(0,28)	0,90 A	(0,04)	2,7 B	(0,21)	3,3 A	(0,26)	2,1 A	(0,04)	0,65 A	(0,05)	22,2 C	(0,29)
SERAP. TOTAL	Verão	477,5 a	(1,99)	17,2 a	(0,45)	0,71 a	(0,09)	2,4 a	(0,18)	2,1 b	(0,15)	1,8 a	(0,19)	0,59 a	(0,03)	27,7 ab	(0,63)
	Outono	474,8 a	(2,34)	18,3 a	(0,74)	0,67 a	(0,01)	2,6 a	(0,33)	2,9 a	(0,17)	1,9 a	(0,20)	0,66 a	(0,09)	26,1 b	(1,03)
	Inverno	478,3 a	(2,86)	17,2 a	(0,49)	0,78 a	(0,07)	2,6 a	(0,26)	2,6 ab	(0,32)	1,8 a	(0,04)	0,62 a	(0,02)	27,9 ab	(0,61)
	Primavera	479,9 a	(3,11)	16,9 a	(0,29)	0,73 a	(0,04)	2,7 a	(0,13)	2,4 ab	(0,25)	2,0 a	(0,02)	0,75 a	(0,05)	28,4 a	(0,32)
	MÉDIA	478	(1,24)	17,4	(0,27)	0,72	(0,03)	2,6	(0,11)	2,5	(0,14)	1,9	(0,06)	0,65	(0,03)	27,5	(0,40)

¹ Valores em coluna seguidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P<0,05$) - comparação entre estações do ano para cada fração da serapilheira.

² Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P<0,05$) - comparação entre frações (média anual).

³ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

Obs.: Os valores de N e C/N dos ramos foram comparados pelo teste de Mann-Whitney ($P<0,05$) (análise não-paramétrica). E os valores médios de C/N, C, N e Na também foram comparados pelo teste de Mann-Whitney ($P<0,05$) (análise não-paramétrica).

TABELA 12 - CONCENTRAÇÃO DE CARBONO, MACRONUTRIENTES E SÓDIO E RELAÇÃO C/N DA SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) DA FASE AVANÇADA NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO.

FRAÇÃO	ESTAÇÃO	CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS (g.kg ⁻¹)												RELAÇÃO			
		C		N		P		K		Ca		Mg		Na		C/N	
FOLHAS TOTAL	Verão	463,4 a	(1,40)	17,2 a	(0,24)	0,78 a	(0,06)	2,4 a	(0,19)	4,9 a	(0,43)	1,7 a	(0,09)	0,53 a	(0,01)	27,0 a	(0,43)
	Outono	463,4 a	(1,86)	17,0 a	(0,22)	0,57 a	(0,04)	2,5 a	(0,03)	5,0 a	(0,09)	1,7 a	(0,03)	0,53 a	(0,01)	27,3 a	(0,29)
	Inverno	467,2 a	(2,33)	16,7 a	(0,09)	0,67 a	(0,10)	2,5 a	(0,31)	5,0 a	(0,77)	1,7 a	(0,12)	0,59 a	(0,12)	27,9 a	(0,09)
	Primavera	461,2 a	(3,57)	16,7 a	(0,26)	0,68 a	(0,08)	2,6 a	(0,07)	5,8 a	(0,25)	1,8 a	(0,09)	0,61 a	(0,03)	27,7 a	(0,51)
	MÉDIA	464 B	(1,23)	16,9 B	(0,11)	0,68 C	(0,04)	2,5 C	(0,08)	5,2 B	(0,22)	1,7 B	(0,04)	0,56 AB	(0,03)	27,5 B	(0,19)
RAMOS	Verão	467,1 a	(4,56)	14,6 a	(0,66)	0,49 a	(0,06)	2,1 a	(0,17)	6,2 a	(1,23)	1,3 a	(0,18)	0,43 a	(0,03)	32,1 a	(1,35)
	Outono	465,9 a	(1,11)	13,9 a	(0,23)	0,54 a	(0,10)	3,1 a	(0,52)	7,8 a	(0,97)	1,3 a	(0,09)	0,60 a	(0,06)	33,4 a	(0,54)
	Inverno	459,4 a	(13,13)	13,9 a	(0,29)	0,46 a	(0,06)	2,3 a	(0,26)	7,2 a	(0,74)	1,2 a	(0,11)	0,50 a	(0,06)	33,2 a	(1,58)
	Primavera	462,4 a	(2,94)	13,2 a	(1,51)	0,66 a	(0,11)	2,6 a	(0,45)	6,0 a	(1,47)	1,5 a	(0,16)	0,50 a	(0,06)	35,9 a	(3,89)
	MÉDIA	464 B	(3,17)	13,9 C	(0,39)	0,53 C	(0,04)	2,5 C	(0,20)	6,8 A	(0,53)	1,3 C	(0,07)	0,51 B	(0,03)	33,6 A	(1,04)
ÓRGÃOS REPROD.	Verão	466,0 b	(4,69)	18,1 a	(1,31)	0,81 a	(0,16)	4,1 a	(0,32)	4,5 a	(0,90)	1,6 a	(0,24)	0,53 a	(0,07)	26,1 ab	(1,87)
	Outono	478,6 ab	(4,05)	17,3 a	(1,24)	0,75 a	(0,11)	3,8 a	(0,84)	4,4 a	(1,05)	1,4 a	(0,32)	0,55 a	(0,08)	28,0 ab	(2,11)
	Inverno	486,0 a	(2,96)	16,2 a	(1,74)	0,94 a	(0,05)	5,1 a	(0,12)	3,1 a	(0,49)	1,4 a	(0,08)	0,60 a	(0,06)	30,7 a	(3,06)
	Primavera	465,9 b	(6,31)	20,2 a	(0,46)	1,10 a	(0,11)	4,8 a	(0,26)	4,7 a	(1,07)	1,8 a	(0,09)	0,56 a	(0,03)	23,1 b	(0,22)
	MÉDIA	474 A	(3,26)	17,9 B	(0,70)	0,90 B	(0,06)	4,4 A	(0,26)	4,2 B	(0,43)	1,6 B	(0,10)	0,56 AB	(0,03)	27,0 B	(1,22)
MISC.	Verão	460,2 a	(10,57)	19,4 a	(3,54)	1,06 a	(0,09)	2,7 b	(0,18)	6,4 b	(0,36)	1,7 c	(0,09)	0,56 b	(0,03)	25,5 a	(4,91)
	Outono	469,7 a	(1,77)	21,4 a	(0,97)	0,99 a	(0,06)	3,1 b	(0,09)	6,9 ab	(0,54)	1,8 bc	(0,10)	0,56 b	(0,03)	22,1 a	(0,94)
	Inverno	468,6 a	(3,73)	21,6 a	(0,63)	1,01 a	(0,12)	3,1 b	(0,46)	7,3 ab	(0,27)	2,1 ab	(0,04)	0,63 ab	(0,03)	21,7 a	(0,45)
	Primavera	463,4 a	(2,69)	23,4 a	(0,94)	1,24 a	(0,11)	4,1 a	(0,18)	8,4 a	(0,68)	2,2 a	(0,15)	0,70 a	(0,00)	19,9 a	(0,77)
	MÉDIA	466 AB	(2,74)	21,4 A	(0,92)	1,07 A	(0,05)	3,2 B	(0,19)	7,3 A	(0,31)	1,9 A	(0,07)	0,61 A	(0,02)	22,3 C	(1,25)
SERAP. TOTAL	Verão	463,7 a	(0,70)	17,2 a	(0,38)	0,78 a	(0,04)	2,6 a	(0,13)	5,2 a	(0,45)	1,6 a	(0,05)	0,52 b	(0,01)	26,9 a	(0,57)
	Outono	466,1 a	(1,65)	17,2 a	(0,29)	0,63 a	(0,04)	2,8 a	(0,17)	5,5 a	(0,26)	1,6 a	(0,05)	0,54 b	(0,01)	27,1 a	(0,38)
	Inverno	468,6 a	(3,48)	16,9 a	(0,29)	0,72 a	(0,07)	2,8 a	(0,27)	5,3 a	(0,57)	1,7 a	(0,08)	0,59 ab	(0,09)	27,7 a	(0,29)
	Primavera	462,1 a	(2,09)	17,4 a	(0,44)	0,78 a	(0,08)	3,0 a	(0,11)	6,0 a	(0,23)	1,8 a	(0,11)	0,60 a	(0,01)	26,6 a	(0,61)
	MÉDIA	465,1	(1,20)	17,2	(0,16)	0,73	(0,03)	2,8	(0,09)	5,5	(0,20)	1,7	(0,04)	0,56	(0,02)	27,1	(0,24)

¹ Valores em coluna seguidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$) - comparação entre estações do ano para cada fração da serapilheira.

² Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$) - comparação entre frações (média anual).

³ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

Obs.: Os valores de Na das folhas total, C dos ramos, C/N e Na da miscelânea e Na da serapilheira total foram comparados pelo teste de Mann-Whitney ($p < 0,05$) (análise não-paramétrica). E os valores médios de C/N, C, N e Mg também foram comparados pelo teste de Mann-Whitney ($P < 0,05$).

A concentração de nutrientes diferenciou-se conforme a fração da serapilheira analisada. A fração folhas apresentou as maiores concentrações de C (INI e MED), Na (INI) e Mg (MED). Moraes *et al.* (1999) também encontraram uma maior concentração de Na nas folhas tanto em área de FOD Submontana quanto em área de restinga.

A fração ramos apresentou as menores concentrações da maioria dos elementos determinados e a maior relação C/N.

A fração órgãos reprodutivos mostrou as maiores concentrações de P (INI e MED), K (MED e AVA) e C (AVA) e as menores concentrações de Ca (três fases) e Mg (INI e MED). Maiores concentrações de P e K nos elementos reprodutivos também foram encontradas por Klinge e Rodrigues (1968), Britez *et al.* (1992), Cunha *et al.* (1993), Britez (1994), Vilella e Proctor (1999), Moraes *et al.* (1999), Pires (2000), Martins (2004).

O fósforo, por compor a fitina (reserva de fosfato da planta), acumula-se nos elementos reprodutivos, principalmente nas sementes (MENGEL; KIRKBY, 1987) e o potássio, por participar nos meristemas em crescimento e na ativação de enzimas, é armazenado em tecidos jovens e metabolicamente ativos enquanto as folhas decíduas perdem este elemento por translocação e lixiviação (antes e depois da abscisão) (BRITTEZ, 1994). O maior retorno do P via elementos reprodutivos e miscelânea em detrimento das folhas também foi observado por Herbohn; Congdom (1998) em florestas tropicais na Austrália.

A fração miscelânea mostrou as maiores concentrações de N (três fases), P (MED e AVA), Ca (três fases), Mg (três fases) e Na (AVA). Esta fração foi a que apresentou as maiores concentrações da maioria dos elementos, principalmente N e P. Este fato já foi observado por outros autores, sendo justificada pela presença de resíduos de material vegetal das demais frações e restos de animais e fezes em abundância nesta fração (CUNHA *et al.*, 1993; BRITTEZ, 1994; DOMINGOS *et al.*, 1997; VILELLA; PROCTOR, 1999; MORAES *et al.*, 1999; KÖNIG *et al.*, 2002; ROCHA; 2006). Observou-se também elevada concentração de Ca na fração miscelânea. As maiores concentrações de Ca observadas na fração miscelânea podem ser devido a um efeito de concentração deste elemento menos móvel, mais estrutural, que demora mais para ser liberado dos tecidos e também porque a miscelânea é a fração que se encontra em grau mais elevado de decomposição em relação às demais frações.

Na Tabela 13 é apresentada uma comparação entre as fases sucessionais, para cada fração da serapilheira, quanto às concentrações de bioelementos e relação C/N.

Para todas as frações da serapilheira, as maiores concentrações de N ocorreram nas fases MED e AVA e as menores na fase INI. Estas maiores concentrações de N em fases mais avançadas da sucessão também foram observadas por Boeger, Wisniewski e Reissmann (2005) e Rocha (2006) em uma Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas no litoral do Paraná, em diferentes fases sucessionais. Os autores atribuíram essa maior concentração nas fases mais avançadas ao maior desenvolvimento do perfil orgânico do solo que, por sua vez, apresentaram maior concentração de N e à menor esclerofilia das espécies das fases mais avançadas. Em outras florestas estacionais secundárias também foi observada esta tendência de aumento na concentração de N na serapilheira com o avanço da sucessão (PEZZATO, 2004; BRUN, 2002; TOLEDO *et al.*, 2002).

A concentração de P das frações ramos e órgãos reprodutivos não diferiu entre as fases. Na fração folhas total, a ordem decrescente foi: $MED \geq AVA \geq INI$. E na miscelânea, a maior concentração ocorreu na fase AVA.

O K apresentou o mesmo comportamento nas frações ramos e miscelânea, com a seguinte ordem decrescente: $AVA \geq MED \geq INI$. Na fração órgãos reprodutivos, as maiores concentrações foram encontradas nas fases MED e AVA e a menor na fase INI. Somente na fração folhas total o K apresentou maior concentração na fase INI.

A concentração de Ca nas frações folhas total, órgãos reprodutivos e miscelânea apresentou a seguinte ordem decrescente: $INI > AVA > MED$. Na fração ramos as maiores concentrações ocorreram nas fases INI e AVA, as quais não diferiram entre si.

A concentração de Mg nas frações folhas total e miscelânea apresentou a seguinte ordem decrescente: $MED > AVA > INI$. Na fração ramos não houve diferença entre as fases.

A concentração de Na da fração miscelânea não diferiu entre as fases. Para as frações ramos e órgãos reprodutivos, o comportamento do Na foi semelhante, sendo as maiores concentrações ocorridas na fase MED. Já para a fração folhas total, a maior concentração ocorreu na fase INI.

Para as quatro frações, a relação C/N apresentou a seguinte ordem decrescente entre as fases: INI > MED = AVA. Este fato foi devido a uma menor concentração de N na serapilheira da fase INI. A concentração de C foi em geral maior nas fases MED e AVA e menor na fase INI.

TABELA 13 - CONCENTRAÇÃO MÉDIA¹ DE CARBONO, MACRONUTRIENTES E SÓDIO E RELAÇÃO C/N MÉDIA¹ DAS FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA – COMPARAÇÃO ENTRE FASES.

FRAÇÃO	FASE	CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS (g.kg ⁻¹)							C/N
		C	N	P	K	Ca	Mg	Na	
FOLHAS TOTAL	INICIAL	470,2 B (2,18)	12,6 B (0,26)	0,59 B (0,02)	2,7 A (0,13)	8,7 A (0,33)	1,1 C (0,04)	0,79 A (0,04)	37,4 A (0,79)
	MÉDIA	480,2 A (1,52)	17,7 A (0,35)	0,70 A (0,03)	2,3 B (0,09)	2,6 C (0,15)	2,0 A (0,08)	0,62 B (0,02)	27,2 B (0,51)
	AVANÇADA	463,8 C (1,23)	16,9 A (0,11)	0,68 AB (0,04)	2,5 AB (0,08)	5,2 B (0,22)	1,7 B (0,04)	0,56 B (0,03)	27,5 B (0,19)
RAMOS	INICIAL	456,4 B (2,38)	9,2 B (0,58)	0,39 A (0,07)	1,9 B (0,13)	6,2 A (0,48)	1,5 A (0,13)	0,51 B (0,04)	52,9 A (4,55)
	MÉDIA	469,8 A (1,45)	13,2 A (0,49)	0,49 A (0,05)	2,2 AB (0,17)	2,5 B (0,26)	1,4 A (0,08)	0,71 A (0,06)	36,3 B (1,57)
	AVANÇADA	463,7 A (3,17)	13,9 A (0,39)	0,53 A (0,04)	2,5 A (0,20)	6,8 A (0,53)	1,3 A (0,07)	0,51 B (0,03)	33,6 B (1,04)
ÓRGÃOS REPRODUTIVOS	INICIAL	451,8 B (2,65)	13,0 B (0,41)	0,85 A (0,04)	2,9 B (0,24)	7,0 A (0,43)	1,0 B (0,05)	0,55 B (0,04)	35,0 A (0,99)
	MÉDIA	478,0 A (4,11)	16,0 A (1,05)	0,90 A (0,06)	4,0 A (0,29)	1,3 C (0,28)	1,4 A (0,10)	0,77 A (0,09)	31,3 B (2,17)
	AVANÇADA	474,1 A (3,26)	17,9 A (0,70)	0,90 A (0,06)	4,4 A (0,26)	4,2 B (0,43)	1,6 A (0,10)	0,56 B (0,03)	27,0 B (1,22)
MISCELÂNEA	INICIAL	444,5 C (2,53)	16,2 B (0,31)	0,88 B (0,05)	2,6 B (0,17)	10,7 A (0,51)	1,3 C (0,05)	0,60 A (0,03)	27,5 A (0,45)
	MÉDIA	472,5 A (1,06)	21,3 A (0,28)	0,90 B (0,04)	2,7 AB (0,21)	3,3 C (0,26)	2,1 A (0,04)	0,65 A (0,05)	22,2 B (0,29)
	AVANÇADA	465,5 B (2,74)	21,4 A (0,92)	1,07 A (0,05)	3,2 A (0,19)	7,3 B (0,31)	1,9 B (0,07)	0,61 A (0,02)	22,3 B (1,25)

¹ Média relativa às quatro estações do ano em três anos de estudo (12 amostras).

² Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

³ Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula letra não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$), comparação entre fases sucessionais, para cada fração da serapilheira.

Obs.: Os valores de C/N e N nas folhas total, C/N nos ramos, C/N e N nos órgãos reprodutivos, C/N, C e N na miscelânea foram comparados pelo teste de Mann-Whitney ($P < 0,05$) (análise não-paramétrica).

A fase INI destacou-se por apresentar maior relação C/N e maior concentração de Ca (em todas as frações). Também nesta fase foram maiores as

concentrações de K e Na (fração folhas total). Para os demais elementos e frações, esta fase foi a que apresentou as menores concentrações na serapilheira.

Em outros estudos em áreas de formação secundária da Floresta Atlântica também foram encontradas maiores concentrações de Ca nas fases iniciais da sucessão (WISNIEWSKI, 1999; PINTO; MARQUES, 2003; ROCHA, 2006). As maiores concentrações de Ca na serapilheira da fase INI em relação às demais fases são devido à presença e predominância da espécie *T. pulchra*, a qual possui 1,2% da massa seca de folhas composta por este elemento (Tabela 13). Foi realizado um estudo morfo-anatômico preliminar das folhas desta espécie e a observação visual (qualitativa) revelou a ocorrência de cristais de oxalato de Ca em abundância no tecido foliar. Oportunamente será realizado um estudo mais completo de quantificação dos cristais.

Os cristais de oxalato de cálcio, na forma de drusas, são comuns nas células vegetais de vários órgãos (MAUSETH, 1988²¹; FAHN, 1990²²) e tem como principal função remover o excesso de cálcio do sistema. Outras funções associadas à presença destes cristais são: defesa da planta contra a herbivoria e estratégia de manutenção de nutrientes, como reserva de cálcio ou oxalato para a planta (VOLK *et al.*, 2002).

Neste estudo, em particular, observa-se na fase MED, praticamente em todas as frações da serapilheira, os menores valores de concentração de Ca e isto parece ser resultado dos mais baixos teores de Ca no solo (Tabela 1) desta fase sucessional, comparativamente às outras duas, INI e AVA.

A ordem decrescente da concentração dos macronutrientes para todas as frações, nas três fases, foi a seguinte: N > Ca > K > Mg > P > Na. Sequências similares foram encontradas em áreas de Floresta Ombrófila Densa Submontana por Leitão Filho *et al.* (1993) em Cubatão (SP) e por Moraes *et al.* (1999) na Ilha do Cardoso (SP). Em florestas estacionais (CESAR, 1993b; DIAS *et al.*, 2002) e em florestas amazônicas (SILVA, 1984) também foram encontradas sequências similares ou iguais a esta.

Comparando-se a concentração de macronutrientes nas frações da serapilheira deste estudo com os resultados de alguns trabalhos em Floresta Atlântica (Tabela 14), observa-se que as concentrações de N, P e K foram similares

²¹ MAUSETH, J.D. **Plant anatomy**. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Menlo Park. 1988.

²² FAHN, A. **Plant anatomy**. Pergamon Press, Oxford. 1990.

às encontradas por Moraes *et al.* (1999) em Floresta Ombrófila Densa Submontana. Já as concentrações de Ca e Mg do presente estudo foram menores em torno de 80 e 60%, respectivamente, às observadas por aqueles autores. Com relação a outro estudo também em FOD Submontana (LEITÃO FILHO *et al.*, 1993), as concentrações de N, P e Ca foram menores e as concentrações de K e Mg foram similares. As concentrações de todos os elementos foram muito inferiores às encontradas por Martins (2004) em Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas sobre solos hidromórficos na Ilha do Mel, Paranaguá. No caso do Ca e do Mg chegou a ser mais de 1000% inferior. No trabalho de Rocha (2006), também em FODTB, em Paranaguá, as concentrações de Ca e Mg nas folhas também foram superiores (90 e 80%, respectivamente) ao do presente estudo. E no trabalho de Scheer (2006) em Floresta Ombrófila Densa Aluvial em Guaraqueçaba, as concentrações destes elementos foram de 50 a 150% superiores.

TABELA 14 - CONCENTRAÇÃO DE MACRONUTRIENTES E SÓDIO NA SERAPILHEIRA DE DIFERENTES TIPOLOGIAS FLORESTAIS NO BRASIL E NO MUNDO.

VEGETAÇÃO/ LOCAL	SÍTIO	FRAÇÃO	g.kg ⁻¹					REFERÊNCIA		
			N	P	K	Ca	Mg			
FODSub Cubatão, SP	Floresta secundária jovem	FOLHAS	22,3	0,4	2,5	6,5	2,2	LEITÃO FILHO <i>et al.</i> (1993)		
		RAMOS	19,0	0,4	2,9	7,5	1,8			
		ORG.REP.	26,4	1,1	3,7	4,1	1,7			
	Floresta secundária madura	FOLHAS	22,7	0,5	2,6	10,3	2,6			
		RAMOS	19,9	0,4	1,8	10,1	1,6			
		ORG.REP.	25,1	1,2	3,9	5,7	1,9			
	Floresta secundária perturbada (poluição)	FOLHAS	26,2	1,2	3,0	14,8	1,3			
		RAMOS	18,8	1,0	1,7	14,1	1,0			
		ORG.REP.	23,3	1,4	3,2	11,2	1,2			
FODSub Ilha do Cardoso, SP	Floresta primária	FOLHAS	16,1	0,5	3,0	9,9	3,3	MORAES <i>et al.</i> (1999)		
		RAMOS	15,2	0,4	2,2	11,5	2,3			
		ORG.REP.	15,6	1,2	6,5	4,8	2,4			
		MISCEL.	23,2	1,3	3,3	10,8	3,0			
		FOLHAS	12,6	0,6	2,7	8,7	1,1			
FODSub Antonina, PR	Fase inicial	RAMOS	9,2	0,4	1,9	6,2	1,5	ESTE ESTUDO		
		ORG.REP.	13,0	0,8	2,9	7,0	1,0			
		MISCEL.	16,2	0,9	2,6	10,7	1,3			
	Fase média	FOLHAS	17,7	0,7	2,3	2,6	2,0			
		RAMOS	13,2	0,5	2,2	2,5	1,4			
		ORG.REP.	16,0	0,9	4,0	1,3	1,4			
	Fase avançada	MISCEL.	21,3	0,9	2,7	3,3	2,1			
		FOLHAS	16,9	0,7	2,5	5,2	1,7			
		RAMOS	13,9	0,5	2,5	6,8	1,3			
	FODTB, PR	Fase inicial	ORG.REP.	17,9	0,9	4,4	4,2		1,6	ROCHA (2006)
			MISCEL.	21,4	1,1	3,2	7,3		1,9	
			FOLHAS	10,5	0,7	1,0	12,3		3,4	
Fase média		RAMOS E ORG.REP.	6,0	0,4	1,0	12,8	2,1			
		MISCEL.	13,7	1,2	2,4	9,4	3,3			
		FOLHAS	10,7	0,5	1,7	8,0	2,9			
Fase avançada		RAMOS E ORG.REP.	7,6	0,4	1,8	5,0	1,9			
		MISCEL.	15,7	0,9	3,2	6,3	3,0			
		FOLHAS	11,3	0,5	1,4	11,2	2,3			
FODTB, PR	Floresta sobre solo hidromórfico	RAMOS E ORG.REP.	9,4	0,5	1,9	9,6	1,9	MARTINS (2004)		
		MISCEL.	14,5	0,9	2,7	9,9	2,2			
		FOLHAS	41,2	1,4	16,2	92,4	19,1			
		RAMOS	9,2	0,21	1,9	20,6	2,7			
		ORG.REP.	67,0	3,1	16,7	48,0	5,6			
FODAI, PR	Floresta secundária jovem	MISCEL.	61,6	2,7	18,6	50,7	11,7	SCHEER (2006)		
		FOLHAS	15,6	0,94	4,1	13,8	2,5			
		RAMOS	8,1	0,37	2,4	9,0	1,7			
		ORG.REP.	17,2	1,8	6,7	7,1	2,1			
FODAmTF Tucuruí, PA	Floresta primária	MISCEL.	25,1	1,8	4,2	13,9	2,6	SILVA (1984)		
		FOLHAS	19,7	0,5	3,7	7,4	2,3			
		RAMOS	15,9	0,4	3,1	8,8	1,7			
		ORG.REP.	20,4	1,5	8,6	4,5	1,9			

FODSub = Floresta Ombrófila Densa Submontana

FODTB = Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas

FODAI = Floresta Ombrófila Densa Aluvial

FODAmTF = Floresta Ombrófila Densa Amazônica de Terra Firme

Na Tabela 15 são apresentados os resultados da relação C/N e da concentração de C, macronutrientes e Na (média das quatro estações dos anos 2004, 2005 e 2006) das **folhas de serapilheira das espécies selecionadas** nas fases INI, MED e AVA. Na Figura 23 é apresentado o dendrograma da relação C/N entre as folhas de serapilheira das mesmas espécies.

As espécies que apresentaram maior relação C/N foram *M. coriacea* (41), *H. alchorneoides* (fase MED) (40), *M. tomentosa* (37) e *T. pulchra* (37). Do lado oposto, a espécie com menor relação C/N foi a *Alchornea* sp., tanto na fase MED quanto na AVA (21 e 19, respectivamente). As demais espécies apresentaram relação C/N intermediária, variando de 24 a 34. Vale ressaltar que as espécies *S. guianensis* e *Alchornea* sp. apresentaram a mesma relação C/N nas duas situações onde foram estudadas, ou seja, não houve influência da fase sucessional sobre este parâmetro. Para a espécie *H. alchorneoides*, a relação C/N foi um pouco menor na fase AVA em relação à MED (Tabela 15). O dendrograma (Figura 23) sugere a formação de dois grandes grupos entre as espécies. O primeiro grupo seria formado pelas espécies com maior relação C/N: *T. pulchra*, *M. coriacea*, *H. alchorneoides*, *S. guianensis*, *M. tomentosa* e o segundo pelas espécies com menor relação C/N: *Alchornea* sp., *B. meridionalis* e *P. guianensis*.

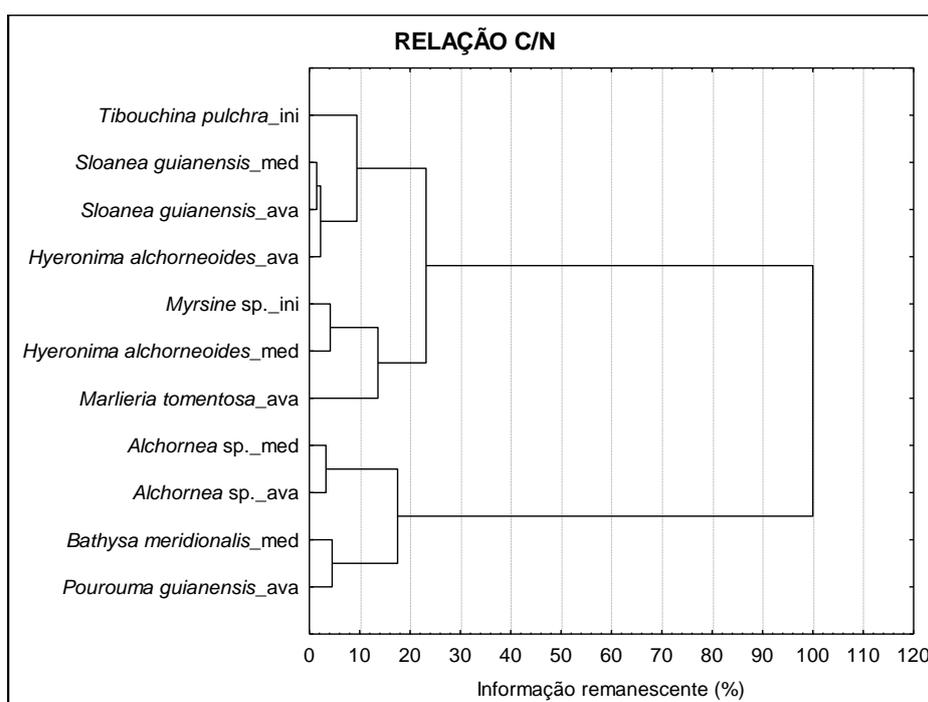


FIGURA 23 - DENDROGRAMA BASEADO NA RELAÇÃO C/N MÉDIA DAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES SELECIONADAS, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA. MÉTODO WARD'S DE LIGAÇÃO E DISTÂNCIA EUCLIDIANA.

O dendrograma da concentração de C nas folhas de serapilheira das espécies estudadas (Figura 24) mostrou três grupos de espécies que se assemelham. O primeiro foi formado pelas espécies com menor concentração de carbono: *T. pulchra*, *S. guianensis* (AVA), *M. tomentosa* e *P. guianensis*, cujas concentrações variaram de 425 a 463 g.kg⁻¹; o segundo grupo, formado pelas espécies com concentrações intermediárias de carbono: *S. guianensis* (fase MED), *Alchornea* sp. (fases MED e AVA), *B. meridionalis* e *H. alchorneoides* (fase AVA) (de 472 a 482 g.kg⁻¹); e o terceiro grupo, formado pelas espécies com as maiores concentrações deste elemento: *M. coriacea* e *H. alchorneoides* (fase MED) (de 489 a 507 g.kg⁻¹).

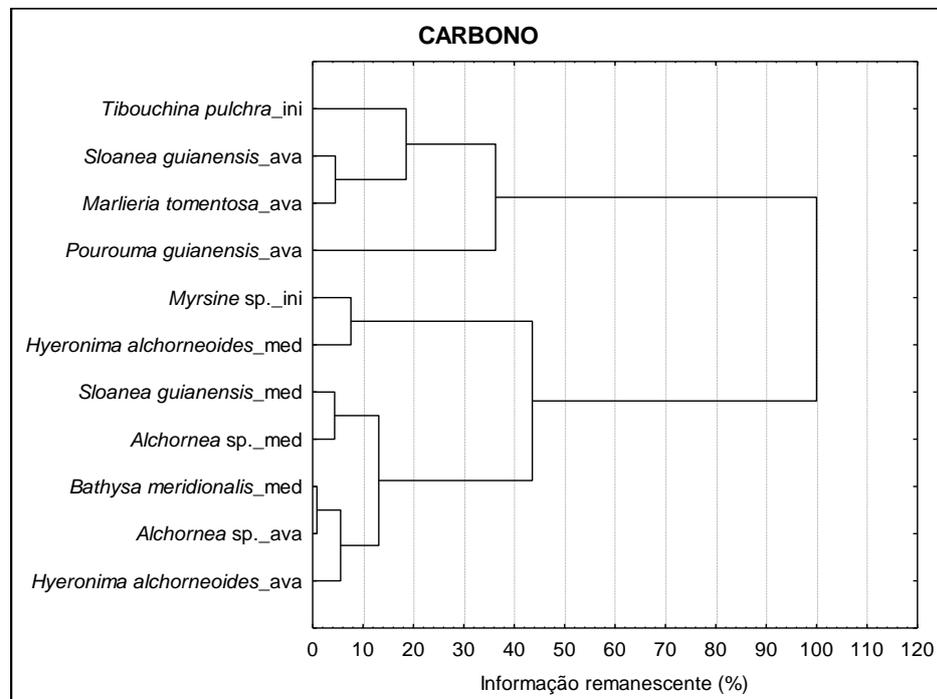


FIGURA 24 - DENDROGRAMA BASEADO NA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE C DAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES SELECIONADAS, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA. MÉTODO WARD'S DE LIGAÇÃO E DISTÂNCIA EUCLIDIANA.

TABELA 15 - CONCENTRAÇÃO MÉDIA¹ DE CARBONO, MACRONUTRIENTES E SÓDIO RELAÇÃO C/N MÉDIA¹ DAS FOLHAS DAS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.

FASE	ESPÉCIE	CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS (g.kg ⁻¹)										RELAÇÃO					
		C	N	P	K	Ca	Mg	Na	C/N								
INI	<i>T. pulchra</i>	445,7 B ²	(5,53) ³	12,2 A	(0,26)	0,54 A	(0,04)	2,1 B	(0,10)	11,8 A	(0,63)	1,0 A	(0,04)	0,66 B	(0,03)	36,8 B	(1,00)
	<i>M. coriacea</i>	506,7 A	(1,99)	12,4 A	(0,29)	0,58 A	(0,05)	2,9 A	(0,16)	5,9 B	(0,24)	1,0 A	(0,05)	0,96 A	(0,07)	41,2 A	(0,98)
MED	<i>S. guianensis</i>	472,2 C	(1,32)	13,9 C	(0,31)	0,61 B	(0,05)	2,0 B	(0,17)	3,3 A	(0,37)	1,5 C	(0,08)	0,45 C	(0,03)	34,1 B	(0,78)
	<i>H. alchorneoides</i>	498,1 A	(1,45)	12,5 D	(0,36)	0,68 AB	(0,06)	2,6 A	(0,13)	1,1 B	(0,21)	1,8 B	(0,08)	0,75 A	(0,03)	40,1 A	(1,05)
	<i>Alchornea</i> sp.	476,9 BC	(1,81)	23,6 A	(0,84)	0,81 A	(0,05)	2,6 A	(0,14)	3,5 A	(0,34)	1,9 B	(0,10)	0,51 C	(0,02)	20,5 D	(0,68)
	<i>B. meridionalis</i>	481,6 B	(2,66)	20,3 B	(0,67)	0,70 AB	(0,04)	2,1 AB	(0,28)	1,8 B	(0,30)	2,6 A	(0,28)	0,60 B	(0,05)	24,1 C	(0,95)
AVA	<i>S. guianensis</i>	463,2 B	(1,47)	13,9 C	(0,19)	0,59 B	(0,05)	2,3 B	(0,09)	5,2 AB	(0,21)	1,2 D	(0,03)	0,44 C	(0,01)	33,3 B	(0,49)
	<i>H. alchorneoides</i>	486,5 A	(2,57)	14,3 C	(0,26)	0,79 A	(0,03)	2,5 B	(0,10)	6,2 A	(0,65)	2,2 A	(0,10)	0,51 BC	(0,03)	34,0 B	(0,56)
	<i>Alchornea</i> sp.	481,7 A	(1,28)	25,9 A	(0,53)	0,90 A	(0,08)	3,2 A	(0,18)	3,7 C	(0,27)	1,4 CD	(0,17)	0,55 AB	(0,06)	18,7 D	(0,38)
	<i>P. guianensis</i>	424,6 C	(2,89)	16,2 B	(0,39)	0,49 B	(0,06)	1,9 C	(0,14)	4,4 BC	(0,39)	1,8 B	(0,09)	0,52 BC	(0,04)	26,4 C	(0,59)
	<i>M. tomentosa</i>	461,6 B	(2,02)	12,6 D	(0,36)	0,47 B	(0,06)	2,2 BC	(0,25)	4,1 BC	(0,33)	1,6 BC	(0,07)	0,66 A	(0,06)	37,1 A	(1,05)

¹ Média relativa às quatro estações do ano em três anos de estudo (12 amostras).

² Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula letra não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$) - comparação entre espécies em cada fase sucessional.

³ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

Obs.: Os valores de K na fase MED foram comparados pelo teste de Mann-Whitney ($P < 0,05$) (análise não-paramétrica).

Dendrogramas semelhantes foram obtidos para as concentrações de N, P, K, Mg e Na, por isso estes elementos foram agrupados em um único dendrograma, conforme ilustrado na Figura 25. As espécies foram agrupadas em três grupos: *T. pulchra*, *M. coriacea*, *S. guianensis* (fases MED e AVA) e *H. alchorneoides* (fases MED e AVA) (grupo 1); *P. guianensis* e *M. tomentosa* (grupo 2); *Alchornea* sp. (fases MED e AVA) e *B. meridionalis* (grupo 3). A ordem decrescente de concentração destes elementos nas folhas das espécies foi a seguinte: grupo 3 > grupo 2 > grupo 1.

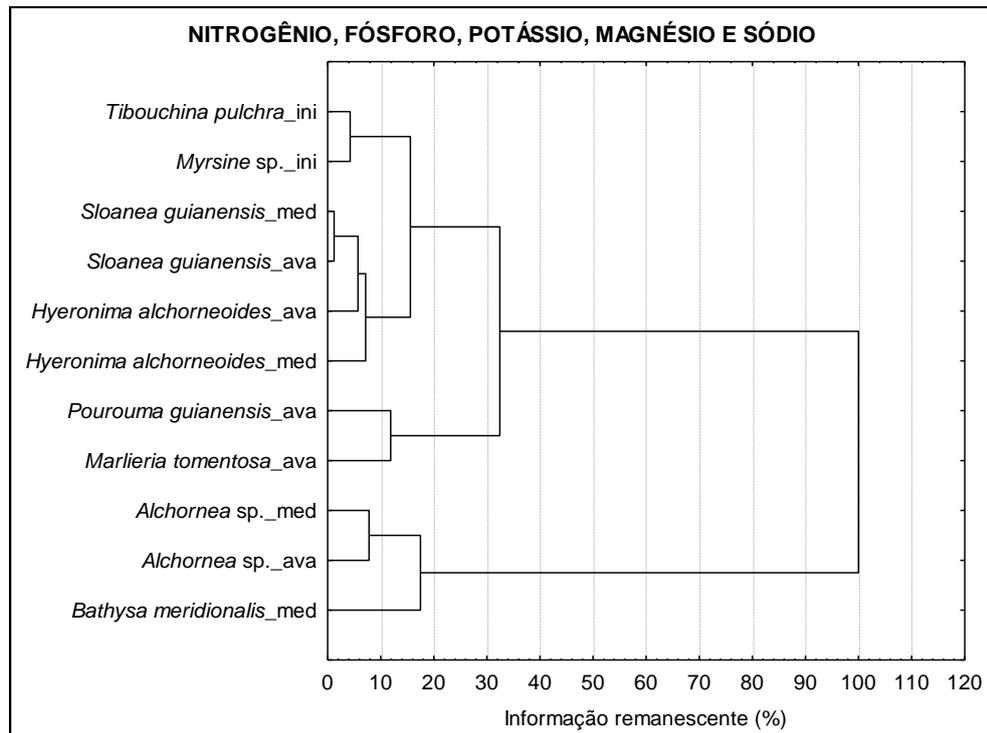


FIGURA 25 - DENDROGRAMA BASEADO NA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE N, P, K, Mg E Na DAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES SELECIONADAS, NAS FASES SUCCESIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA. MÉTODO WARD'S DE LIGAÇÃO E DISTÂNCIA EUCLIDIANA.

No caso do cálcio (Figura 26), elemento imóvel nos tecidos vegetais (KRAMER; KOZOLWSKI, 1979; LARCHER, 1986), o agrupamento mostrou-se mais voltado para a fase sucessional do que para as espécies individualmente. Em termos médios, a fase INI apresentou as maiores concentrações de Ca ($8,9 \text{ g.kg}^{-1}$), seguida pela fase AVA ($4,7 \text{ g.kg}^{-1}$) e fase MED ($2,4 \text{ g.kg}^{-1}$). Neste caso, como já comentado anteriormente, o efeito fase estaria mais ligado às características do solo do que à estrutura vegetal propriamente dita, uma vez que a disponibilidade de Ca nos solos das diferentes fases (Tabela 1) segue esta mesma tendência mostrada para os valores de Ca nos tecidos vegetais.

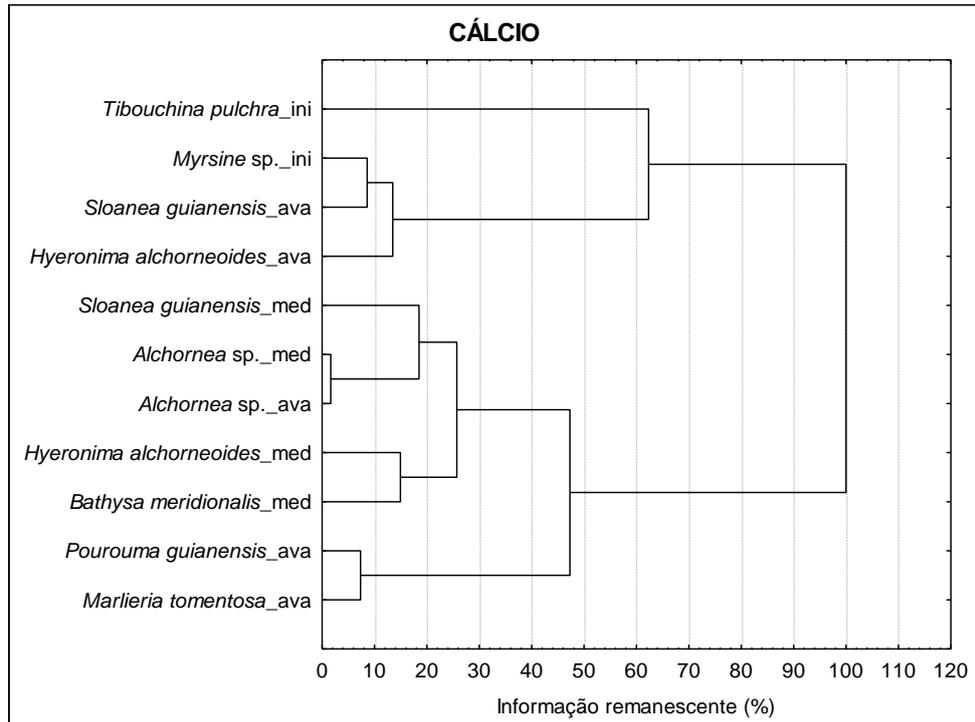


FIGURA 26 - DENDROGRAMA BASEADO NA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE Ca DAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES SELECIONADAS, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA. MÉTODO WARD'S DE LIGAÇÃO E DISTÂNCIA EUCLIDIANA.

4.1.4.2 Concentração de micronutrientes

As concentrações dos micronutrientes Fe, Cu, Mn e Zn na serapilheira (total e frações), nas quatro estações, nas fases INI, MED e AVA são mostradas nas Tabelas 16, 17 e 18, respectivamente.

Na fase INI, as concentrações de Fe e Mn variaram bastante, de 57 a 149 e de 29 a 170 mg.kg⁻¹, respectivamente. Já a variação nas concentrações médias de Cu e Zn foi menor, de 11 a 17 e de 12 a 22 mg.kg⁻¹, respectivamente.

Para os seguintes elementos e frações, não houve diferença na concentração entre as estações: Cu, Mn e Zn (folhas total), Fe, Cu e Zn (órgãos reprodutivos, miscelânea e serapilheira total).

Na fração ramos, a análise estatística mostrou que não ocorreu diferença significativa entre as estações para todos os micronutrientes determinados. Entretanto, pode-se observar que os valores são numericamente diferentes, principalmente no caso do Fe e Mn. No caso da serapilheira total, também não houve diferença estatística nas concentrações de Fe entre as estações, porém estas foram maiores no verão e primavera. Esta falta de significância é devido à grande variabilidade dos dados (ver erro padrão das médias na Tabela 16).

Na fração folhas total o Fe esteve mais concentrado no verão/primavera e menos no outono/inverno. Nos órgãos reprodutivos e miscelânea, o Mn esteve mais concentrado no inverno e menos no verão. Já na serapilheira total, a maior concentração de Mn ocorreu na primavera e a menor no verão.

A comparação da concentração média dos micronutrientes entre as frações da serapilheira da fase INI gerou as seguintes ordens decrescentes:

Fe: miscelânea > folhas total > ramos = órgãos reprodutivos

Cu: ramos > órgãos reprodutivos = miscelânea > folhas total

Mn: folhas total = ramos > miscelânea > órgãos reprodutivos

Zn: miscelânea ≥ ramos ≥ folhas total = órgãos reprodutivos

TABELA 16 - CONCENTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) DA FASE INICIAL NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO – COMPARAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES PARA CADA FRAÇÃO DA SERAPILHEIRA E TOTAL.

FRAÇÃO	ESTAÇÃO	ELEMENTOS (mg.kg ⁻¹)							
		Fe		Cu		Mn		Zn	
FOLHAS TOTAL	Verão	128,2 a ¹	(20,5)	12,3 a	(1,5)	100,4 a	(3,0)	12,5 a	(1,1)
	Outono	82,4 b	(19,6)	10,8 a	(1,2)	121,6 a	(22,4)	13,8 a	(0,8)
	Inverno	86,1 b	(0,9)	11,4 a	(1,8)	126,5 a	(8,9)	12,6 a	(3,7)
	Primavera	112,1 a	(11,5)	10,5 a	(1,7)	153,3 a	(21,6)	16,0 a	(2,7)
	MÉDIA	102,2 B²	(8,7)	11,2 C	(0,7)	125,5 A	(9,0)	13,8 B	(1,1)
RAMOS	Verão	93,0 a	(25,5)	19,0 a	(2,5)	92,6 a	(27,7)	14,3 a	(6,1)
	Outono	42,5 a	(22,2)	17,3 a	(1,4)	181,5 a	(38,2)	20,9 a	(2,5)
	Inverno	66,0 a	(3,9)	15,7 a	(1,8)	239,9 a	(75,8)	17,1 a	(6,5)
	Primavera	85,1 a	(27,1)	17,0 a	(3,1)	164,9 a	(52,9)	16,0 a	(3,6)
	MÉDIA	71,7 C	(11,0)	17,2 A	(1,0)	169,7 A	(27,2)	17,1 AB	(2,2)
ÓRGÃOS REPROD.	Verão	62,4 a	(10,3)	15,4 a	(1,0)	16,3 b	(4,3)	12,9 a	(1,0)
	Outono	51,7 a	(24,9)	13,6 a	(1,8)	18,6 b	(8,1)	10,9 a	(2,3)
	Inverno	47,1 a	(6,8)	13,0 a	(2,0)	47,1 a	(7,1)	15,3 a	(3,0)
	Primavera	65,7 a	(6,3)	13,0 a	(1,4)	31,9 ab	(9,5)	10,3 a	(1,8)
	MÉDIA	56,7 C	(6,5)	13,7 B	(0,7)	28,5 C	(4,9)	12,3 B	(1,1)
MISCELÂNEA	Verão	147,7 a	(35,2)	16,4 a	(1,1)	63,3 c	(9,8)	20,7 a	(1,4)
	Outono	164,5 a	(32,5)	12,8 a	(1,5)	109,2 ab	(7,5)	22,0 a	(5,3)
	Inverno	136,1 a	(13,3)	14,8 a	(2,0)	121,6 a	(7,6)	26,0 a	(8,3)
	Primavera	149,1 a	(12,9)	13,9 a	(2,0)	85,0 bc	(13,4)	20,5 a	(0,6)
	MÉDIA	149,3 A	(11,4)	14,5 B	(0,8)	94,8 B	(8,0)	22,3 A	(2,2)
SERAP. TOTAL	Verão	114,6 a	(19,4)	14,6 a	(1,4)	78,9 b	(3,7)	14,3 a	(1,1)
	Outono	84,3 a	(10,9)	12,7 a	(1,2)	112,3 ab	(6,6)	15,9 a	(1,3)
	Inverno	84,6 a	(3,9)	12,9 a	(1,8)	131,4 a	(16,8)	16,1 a	(4,6)
	Primavera	106,0 a	(8,5)	12,5 a	(1,7)	123,6 a	(17,7)	15,8 a	(1,4)
	MÉDIA	97,4	(6,5)	13,2	(0,7)	111,6	(8,1)	15,5	(1,1)

¹ Valores em coluna seguidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P<0,05$) - comparação entre estações do ano para cada fração da serapilheira e total.

² Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P<0,05$) – comparação entre as médias das frações folhas total, ramos, órgãos reprodutivos e miscelânea (não inclui a serapilheira total).

³ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

Obs.: Os valores médios de Mn e Zn foram comparados pelo teste de Mann-Whitney ($P<0,05$) (análise não-paramétrica).

Da mesma maneira como ocorreu com a serapilheira da fase INI, as concentrações de micronutrientes na fase MED (Tabela 17) apresentaram grande variabilidade. Fe e Mn variaram de 54 a 134 e de 78 a 292 mg.kg⁻¹, respectivamente. A concentração média de Zn variou de 12 a 27 mg.kg⁻¹ e o Cu não variou entre as frações da serapilheira.

Esta alta variabilidade ocasionou a falta de significância da análise de variância e, por conseguinte, médias que não diferiram entre si. Este fato ocorreu principalmente com o Fe e o Mn, elementos que apresentaram maior dispersão dos dados.

De forma geral observou-se que, independente da fração da serapilheira, as concentrações de Fe foram maiores no verão e primavera e menores no outono e inverno. As concentrações de Zn foram maiores no verão e as concentrações de Mn foram maiores no inverno para as frações ramos, órgãos reprodutivos e miscelânea. Já a fração folhas total apresentou comportamento oposto, com menor concentração de Mn no inverno. As concentrações de Cu não sofreram influência estacional.

A comparação da concentração média dos micronutrientes entre as frações da serapilheira da fase MED gerou as seguintes ordens decrescentes:

Fe: miscelânea > folhas total > ramos = órgãos reprodutivos

Cu: ramos = miscelânea = folhas total = órgãos reprodutivos

Mn: ramos > miscelânea > folhas total > órgãos reprodutivos

Zn: ramos = miscelânea > folhas total = órgãos reprodutivos

TABELA 17 - CONCENTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) DA FASE MÉDIA NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO – COMPARAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES PARA CADA FRAÇÃO DA SERAPILHEIRA E TOTAL.

FRAÇÃO	ESTAÇÃO	ELEMENTOS (mg.kg ⁻¹)							
		Fe		Cu		Mn		Zn	
FOLHAS TOTAL	Verão	120,2 a ¹	(11,7) ³	17,3 a	(2,3)	185,7 a	(23,6)	13,9 a	(2,3)
	Outono	98,7 a	(19,7)	15,4 a	(1,5)	187,0 a	(14,8)	11,6 a	(1,7)
	Inverno	71,6 a	(21,2)	14,5 a	(2,2)	150,1 a	(22,6)	9,7 a	(2,3)
	Primavera	120,3 a	(10,5)	15,0 a	(2,3)	180,0 a	(24,8)	11,8 a	(1,5)
	MÉDIA	102,7 B²	(9,3)	15,6 A	(1,0)	175,7 C	(10,4)	11,7 B	(1,0)
RAMOS	Verão	91,7 a	(16,1)	18,6 a	(3,1)	309,9 a	(17,9)	34,6 a	(8,7)
	Outono	69,8 a	(17,4)	15,0 a	(1,3)	287,6 a	(54,2)	22,6 a	(3,7)
	Inverno	71,1 a	(7,3)	15,4 a	(3,1)	332,9 a	(37,5)	25,6 a	(1,1)
	Primavera	64,3 a	(28)	18,2 a	(2,0)	235,5 a	(39,2)	23,6 a	(1,5)
	MÉDIA	74,2 C	(8,6)	16,8 A	(1,2)	291,5 A	(20)	26,6 A	(2,5)
ÓRGÃOS REPROD.	Verão	61,2 a	(13)	15,7 a	(2,1)	41,6 b	(8,5)	18,2 a	(11,6)
	Outono	29,6 a	(17,6)	13,7 a	(7,4)	62,2 ab	(31,1)	8,9 a	(4,6)
	Inverno	64,7 a	(14,2)	16,2 a	(5,0)	118,9 a	(6,3)	14,4 a	(1,9)
	Primavera	61,4 a	(4,6)	14,5 a	(2,5)	89,2 ab	(14,1)	9,7 a	(2,9)
	MÉDIA	54,2 C	(7,1)	15,0 A	(2,1)	78,0 D	(11,6)	12,8 B	(3,0)
MISCELÂNEA	Verão	140,6 a	(10,6)	15,7 a	(1,8)	210,4 a	(29,9)	30,5 a	(6,8)
	Outono	139,3 a	(6,4)	16,7 a	(2,2)	250,7 a	(32,2)	24,3 a	(1,9)
	Inverno	117,3 a	(4,4)	15,4 a	(2,1)	245,0 a	(45,5)	21,6 a	(4,5)
	Primavera	139,7 a	(14)	17,0 a	(1,5)	205,9 a	(33,3)	24,2 a	(2,2)
	MÉDIA	134,2 A	(5)	16,2 A	(0,8)	228,0 B	(16,4)	25,2 A	(2,1)
SERAP. TOTAL	Verão	111,8 a	(4,9)	17,1 a	(2,2)	186,3 a	(20,6)	19,1 a	(4,8)
	Outono	91,5 ab	(10,3)	15,3 a	(1,5)	191,9 a	(10,3)	14,2 a	(1,9)
	Inverno	76,4 b	(15,2)	14,9 a	(2,6)	180,9 a	(13,5)	13,8 a	(2,1)
	Primavera	108,4 ab	(8,4)	15,6 a	(2,1)	178,8 a	(18,9)	14,5 a	(1,4)
	MÉDIA	97,0	(6,2)	15,7	(0,9)	184,5	(7,1)	15,4	(1,4)

¹ Valores em coluna seguidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$) - comparação entre estações do ano para cada fração da serapilheira e total.

² Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$) – comparação entre as médias das frações folhas total, ramos, órgãos reprodutivos e miscelânea (não inclui a serapilheira total).

³ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

Obs.: Os valores médios de Zn foram comparados pelo teste de Mann-Whitney ($P < 0,05$) (análise não-paramétrica).

Na fase AVA (Tabela 18), novamente, as concentrações de Fe e Mn variaram bastante, de 60 a 157 e de 155 a 401 mg.kg⁻¹, respectivamente. As

concentrações médias de Cu e Zn variaram menos, de 14 a 18 e de 12 a 29 mg.kg⁻¹, respectivamente. Também na fase AVA, a fração órgãos reprodutivos apresentou as menores concentrações dos micronutrientes estudados.

A concentração de Fe não variou entre as estações nas frações ramos e miscelânea. Já nas demais frações, a concentração foi maior na primavera e menor no outono. A concentração de Cu não sofreu influência estacional em nenhuma das frações da serapilheira e total.

A concentração de Mn foi maior no outono nas frações folhas total e ramos e menor, nesta mesma estação, nas frações órgãos reprodutivos e miscelânea. Porém, considerando-se a serapilheira total, não se observou diferença entre as estações. A concentração de Zn foi menor no outono e verão na fração miscelânea. Nas demais frações não houve diferença estatística significativa entre as estações.

A comparação da concentração média dos micronutrientes entre as frações da serapilheira da fase AVA gerou as seguintes ordens decrescentes:

Fe: miscelânea > folhas total = ramos > órgãos reprodutivos

Cu: ramos ≥ miscelânea ≥ órgãos reprodutivos ≥ folhas total

Mn: miscelânea = ramos = folhas > órgãos reprodutivos

Zn: ramos = miscelânea > folhas total = órgãos reprodutivos

TABELA 18 - CONCENTRAÇÃO DE MICRONUTRIENTES NA SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) DA FASE AVANÇADA NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO – COMPARAÇÃO ENTRE ESTAÇÕES PARA CADA FRAÇÃO DA SERAPILHEIRA E TOTAL.

FRAÇÃO	ESTAÇÃO	ELEMENTOS (mg.kg ⁻¹)							
		Fe		Cu		Mn		Zn	
FOLHAS TOTAL	Verão	88,6 ab ¹	(16,1) ³	14,5 a	(1,7)	314,4 a	(80,0)	11,5 a	(1,3)
	Outono	72,2 b	(3,4)	13,4 a	(3,8)	346,2 a	(49,9)	12,4 a	(1,7)
	Inverno	83,1 ab	(9,9)	12,4 a	(2,1)	326,9 a	(63,4)	11,9 a	(1,2)
	Primavera	107,6 a	(6,7)	14,0 a	(1,7)	319,7 a	(96,1)	11,0 a	(1,3)
	MÉDIA	87,9 B²	(5,8)	13,6 B	(1,1)	326,8 A	(31,9)	11,7 B	(0,6)
RAMOS	Verão	78,5 a	(22,2)	17,2 a	(1,7)	340,4 a	(27,0)	26,4 a	(1,4)
	Outono	85,9 a	(13,1)	18,6 a	(2,9)	375,7 a	(30,8)	28,5 a	(1,3)
	Inverno	92,0 a	(5,5)	18,6 a	(1,7)	362,9 a	(53,3)	32,5 a	(4,6)
	Primavera	89,7 a	(29,4)	18,5 a	(3,1)	342,2 a	(78,7)	29,5 a	(4,7)
	MÉDIA	86,5 B	(8,6)	18,2 A	(1,1)	355,3 A	(22,5)	29,2 A	(1,6)
ÓRGÃOS REPROD.	Verão	69,7 a	(19,3)	18,3 a	(2,6)	215,7 a	(26,7)	11,6 a	(1,1)
	Outono	37,0 a	(23,1)	10,7 a	(5,8)	99,0 b	(52,5)	7,8 a	(3,9)
	Inverno	54,8 a	(15,7)	16,0 a	(1,8)	126,3 ab	(10,4)	13,0 a	(3,4)
	Primavera	78,7 a	(9,6)	17,1 a	(1,1)	180,5 ab	(10,5)	13,4 a	(2,4)
	MÉDIA	60,1 C	(8,9)	15,5 AB	(1,7)	155,4 B	(18,9)	11,5 B	(1,4)
MISCELÂNEA	Verão	141,7 a	(21,6)	17,6 a	(1,7)	373,0 ab	(11,1)	21,3 b	(1,0)
	Outono	142,2 a	(13,0)	15,1 a	(2,3)	367,9 b	(31,6)	23,4 ab	(3,4)
	Inverno	176,3 a	(8,3)	16,1 a	(2,7)	434,7 a	(10,8)	33,7 a	(4,6)
	Primavera	169,1 a	(12,6)	19,1 a	(1,4)	430,0 ab	(20,1)	32,7 a	(2,8)
	MÉDIA	157,3 A	(7,8)	17,0 AB	(1,0)	401,4 A	(12,7)	27,8 A	(2,2)
SERAP. TOTAL	Verão	91,3 a	(17,1)	15,6 a	(1,7)	312,9 a	(48,5)	14,2 a	(0,9)
	Outono	77,6 a	(4,6)	13,9 a	(3,4)	324,4 a	(28,1)	14,9 a	(1,2)
	Inverno	91,3 a	(8,4)	13,9 a	(2,0)	320,6 a	(48,0)	16,7 a	(1,3)
	Primavera	109,3 a	(8,6)	15,4 a	(1,6)	319,0 a	(70,2)	15,7 a	(1,7)
	MÉDIA	92,4	(5,7)	14,7	(1,0)	319,2	(21,8)	15,4	(0,6)

¹ Valores em coluna seguidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P<0,05$) - comparação entre estações do ano para cada fração da serapilheira e total.

² Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P<0,05$) – comparação entre as médias das frações folhas total, ramos, órgãos reprodutivos e miscelânea (não inclui a serapilheira total).

³ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

Obs.: Os valores médios de Mn foram comparados pelo teste de Mann-Whitney ($P<0,05$) (análise não-paramétrica).

A influência da fase na concentração dos micronutrientes foi pequena ou nula. Em todas as frações da serapilheira e total, as concentrações de Fe, Cu e Zn

não diferiram entre as fases. Somente para o Mn houve diferença, sendo a ordem decrescente de concentração a seguinte: AVA > MED > INI. Esta seqüência ocorreu em todas as frações da serapilheira e total (Tabela 19).

Nas três fases, a ordem decrescente de concentração dos micronutrientes na serapilheira foi a seguinte: Mn > Fe > Zn ≥ Cu. Outros autores também encontraram esta mesma seqüência trabalhando com deposição de serapilheira em florestas (SILVA, 1984; BRITZ, 1994; MORAES *et al.*, 1999; PINTO; MARQUES, 2003; SCHEER, 2006).

TABELA 19 - CONCENTRAÇÃO MÉDIA¹ DE MICRONUTRIENTES (Fe, Cu, Mn E Zn) NAS FRAÇÕES DA SERAPILHEIRA NAS FASES DE SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA – COMPARAÇÃO ENTRE FASES.

FRAÇÃO	FASE	ELEMENTOS (mg.kg ⁻¹)							
		Fe		Cu		Mn		Zn	
FOLHAS TOTAL	INICIAL	102,2 A ²	(8,7) ³	11,2 B	(0,7)	125,5 C	(9,0)	13,8 A	(1,1)
	MÉDIA	102,7 A	(9,3)	15,6 A	(1,0)	175,7 B	(10,4)	11,7 A	(1,0)
	AVANÇADA	87,9 A	(5,8)	13,6 AB	(1,1)	326,8 A	(31,9)	11,7 A	(0,6)
RAMOS	INICIAL	71,7 A	(11)	17,2 A	(1,0)	169,7 B	(27,2)	17,1 B	(2,2)
	MÉDIA	74,2 A	(8,6)	16,8 A	(1,2)	291,5 A	(20,0)	26,6 A	(2,5)
	AVANÇADA	86,5 A	(8,6)	18,2 A	(1,1)	355,3 A	(22,5)	29,2 A	(1,6)
ÓRG. REPROD.	INICIAL	56,7 A	(6,5)	13,7 A	(0,7)	28,5 C	(4,9)	12,3 A	(1,1)
	MÉDIA	54,2 A	(7,1)	15,0 A	(2,1)	78,0 B	(11,6)	12,8 A	(3,0)
	AVANÇADA	60,1 A	(8,9)	15,5 A	(1,7)	155,4 A	(18,9)	11,5 A	(1,4)
MISCELÂNEA	INICIAL	149,3 AB	(11,4)	14,5 A	(0,8)	94,8 C	(8,0)	22,3 A	(2,2)
	MÉDIA	134,2 B	(5,0)	16,2 A	(0,8)	228,0 B	(16,4)	25,2 A	(2,1)
	AVANÇADA	157,3 A	(7,8)	17,0 A	(1,0)	401,4 A	(12,7)	27,8 A	(2,2)
SERAP. TOTAL	INICIAL	97,4 A	(6,5)	13,2 A	(0,7)	111,6 C	(8,1)	15,5 A	(1,1)
	MÉDIA	97,0 A	(6,2)	15,7 A	(0,9)	184,5 B	(7,1)	15,4 A	(1,4)
	AVANÇADA	92,4 A	(5,7)	14,7 A	(1,0)	319,2 A	(21,8)	15,4 A	(0,6)

¹ Média relativa às quatro estações do ano em três anos de estudo (12 amostras).

² Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$), comparação entre fases sucessionais, para cada fração da serapilheira.

³ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

Obs.: Os valores de Mn nas folhas total e órgãos reprodutivos, Zn nos órgãos reprodutivos e Fe na miscelânea foram comparados pelo teste de Mann-Whitney ($P < 0,05$) (análise não-paramétrica).

Em resumo, quando houve diferença na concentração de micronutrientes na serapilheira, o Fe esteve mais concentrado na primavera e no verão e o Mn esteve mais concentrado no inverno e menos no verão.

As concentrações de Zn e Cu foram variáveis, porém no geral não houve diferença entre as estações do ano. Este resultado também foi encontrado por Cesar (1993b) em Floresta Estacional Semidecidual no município de Anhembi, SP.

Fe e Mn apresentaram as maiores concentrações e Cu e Zn as menores concentrações na serapilheira, nas três fases. Este resultado também foi encontrado por Moraes *et al.* (1999).

As maiores concentrações de Fe foram observadas na fração miscelânea, de Cu na fração ramos, de Mn nas frações folhas total, ramos e miscelânea e de Zn nas frações ramos e miscelânea.

A fração miscelânea apresentou as maiores concentrações de todos os micronutrientes determinados. Este resultado também foi encontrado por Moraes *et al.* (1999), onde as concentrações de Fe, Cu, Mn, Al e B mostraram maiores valores na fração miscelânea. E a fração órgãos reprodutivos apresentou sempre as menores concentrações de micronutrientes.

A fração órgãos reprodutivos apresentou sempre as menores concentrações de todos os micronutrientes.

Na Tabela 20 é mostrada a concentração média dos micronutrientes nas folhas das espécies selecionadas nas fases INI, MED e AVA, sendo feita uma comparação entre as espécies de cada fase.

Na INI, as espécies *M. coriacea* e *T. pulchra* apresentaram as mesmas concentrações de Cu e Zn. Já as concentrações de Fe e Mn foram maiores em *M. coriacea*.

Na fase MED, as maiores concentrações de Fe, Cu e Zn foram encontradas nas espécies *B. meridionalis* e de Mn na espécie *S. guianensis*. As menores concentrações de Mn e Zn ocorreram nas folhas de *H. alchorneoides* e de Cu nas folhas de *S. guianensis*.

Na fase AVA, as maiores concentrações de Cu e Zn foram encontradas nas folhas de *Alchornea* sp. e *H. alchorneoides*, de Fe nas folhas de *P. guianensis* e de Mn nas folhas de *M. tomentosa*. As menores concentrações de Fe e Cu foram encontradas nas folhas de *M. tomentosa*, de Mn nas folhas de *H. alchorneoides* e de Zn nas folhas de *S. guianensis*.

TABELA 20 - CONCENTRAÇÃO MÉDIA¹ DE MICRONUTRIENTES (Fe, Cu, Mn E Zn) NAS FOLHAS DAS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA – COMPARAÇÃO ENTRE ESPÉCIES DE CADA FASE.

FASE	ESPÉCIE	ELEMENTOS (mg.kg ⁻¹)							
		Fe		Cu		Mn		Zn	
INI	<i>Tibouchina pulchra</i>	81,9 B ²	(4,8) ³	11,4 A	(0,8)	22,0 B	(3,2)	8,7 A	(1,0)
	<i>Myrsine</i> sp.	106,5 A	(11,2)	10,2 A	(0,7)	58,2 A	(3,4)	12,1 A	(1,5)
MED	<i>Sloanea guianensis</i>	81,1 A	(8,6)	9,3 C	(1,2)	290,6 A	(29,9)	4,3 C	(0,8)
	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	76,3 A	(10,4)	12,9 B	(1,1)	48,5 C	(4,4)	6,1 C	(0,9)
	<i>Alchornea</i> sp.	123,1 A	(20,7)	16,2 B	(0,8)	184,2 B	(17,3)	12,5 B	(1,2)
	<i>Bathysa meridionalis</i>	132,3 A	(18,3)	25,5 A	(1,6)	131,4 B	(21,8)	19,6 A	(2,4)
AVA	<i>Sloanea guianensis</i>	71,3 B	(7,7)	12,8 BC	(2,5)	375,5 B	(59,7)	6,7 C	(0,6)
	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	75,3 B	(7,7)	15,5 AB	(1,4)	179,1 D	(16,1)	12,6 A	(0,9)
	<i>Alchornea</i> sp.	91,7 AB	(10,1)	16,7 A	(1,5)	228,9 CD	(16,0)	13,0 A	(1,3)
	<i>Pourouma guianensis</i>	109,2 A	(9,9)	11,2 C	(1,1)	305,3 C	(27,0)	8,1 BC	(0,9)
	<i>Marleria tomentosa</i>	70,6 B	(5,7)	11,2 C	(0,9)	518,1 A	(122,0)	10,4 AB	(1,4)

¹ Média relativa às quatro estações do ano em três anos de estudo (12 amostras).

² Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$), comparação entre espécies dentro de cada fase sucessional.

³ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

Obs.: Os valores de Fe na fase INI e Mn na fase MED foram comparados pelo teste de Mann-Whitney ($P < 0,05$) (análise não-paramétrica).

O dendrograma da concentração média de Fe, Cu, Mn e Zn nas folhas das espécies selecionadas nas fases INI, MED e AVA (Figura 27) mostrou a formação de três grupos de espécies. O primeiro, formado por aquelas que apresentaram as menores concentrações de micronutrientes: *T. pulchra*, *M. coriacea* e *H. alchorneoides* (fase MED); o segundo, formado pelas espécies com concentrações intermediárias em suas folhas: *Alchornea* sp. (fases MED e AVA), *H. alchorneoides* (fase AVA) e *B. meridionalis*; o terceiro, formado pelas espécies com as maiores concentrações: *S. guianensis* (fases MED e AVA), *P. guianensis* e *M. tomentosa*.

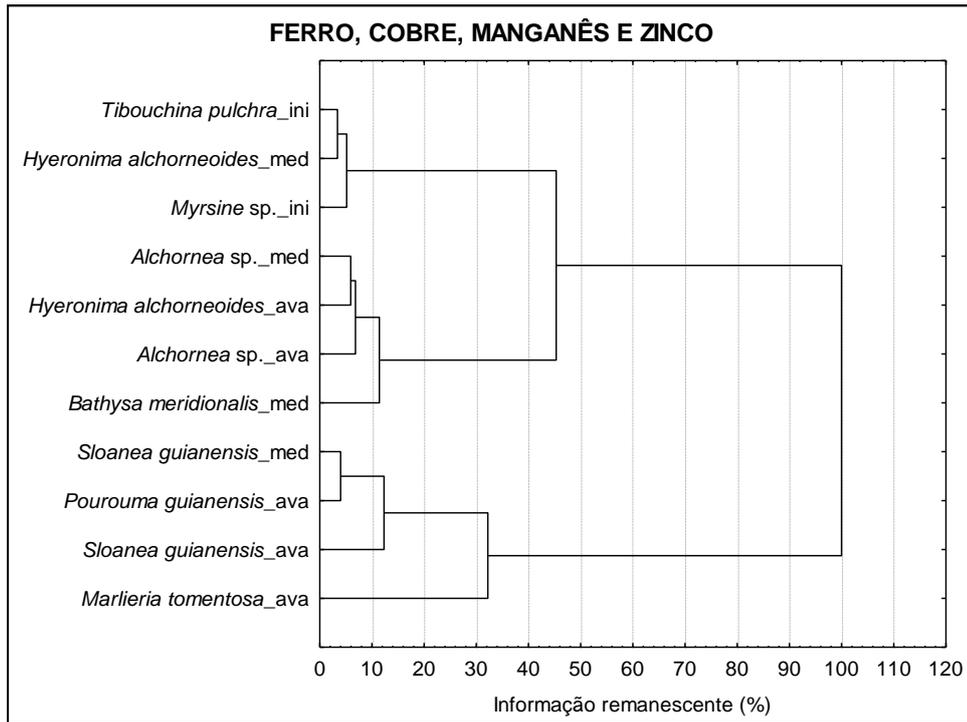


FIGURA 27 - DENDROGRAMA BASEADO NA CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE Fe, Cu, Mn E Zn DAS FOLHAS DE SERAPILHEIRA DAS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA. MÉTODO WARD'S DE LIGAÇÃO E DISTÂNCIA EUCLIDIANA.

4.1.4.3 Aporte de macronutrientes e sódio

Na Tabela 21 são apresentados os dados quantitativos de macronutrientes e sódio transferidos pela serapilheira (total e frações) nas fases INI, MED e AVA.

O padrão de aporte de nutrientes pela serapilheira depositada foi determinado pelo padrão de deposição de fitomassa. Desse modo, para todos os elementos determinados e nas três fases sucessionais, a ordem decrescente de transferência dos elementos entre as frações da serapilheira foi a seguinte: folhas total > ramos ≥ miscelânea ≥ órgãos reprodutivos. Este resultado também foi encontrado em outros estudos (CUNHA *et al.*, 1993; MORAES *et al.* 1999; BRUN, 2002; KÖNIG *et al.*, 2002; ROCHA, 2006). A maior contribuição de nutrientes pelo compartimento folhas foi ocasionada pela maior deposição destas em relação às demais frações da serapilheira. O oposto foi observado para os órgãos reprodutivos devido à sua menor deposição.

Para a fração folhas total (FT) o aporte de N variou de 55 a 74 kg.ha⁻¹.ano⁻¹, sendo que a maior deposição ocorreu na fase MED. O aporte de P foi, em média, de 2,7 e o de K variou de 9 a 11 kg.ha⁻¹.ano⁻¹. Para estes dois elementos não houve diferença entre as fases sucessionais. O aporte de Ca variou de 11 a 38, Mg de 5 a 8 e Na de 2 a 3 kg.ha⁻¹.ano⁻¹. Para os elementos Ca e Na, o maior aporte ocorreu com as folhas depositadas na fase INI. Para o Mg a maior contribuição foi da fase MED.

Para a fração ramos (R), o aporte de elementos foi o seguinte: 6 a 9 de N, 0,2 a 0,3 de P, 1,1 a 1,5 de K, 1,6 a 3,8 de Ca, 0,8 a 0,9 de Mg e 0,3 a 0,5 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de Na. Para a maioria dos elementos não houve diferença estatística significativa entre as fases sucessionais, exceto para o Ca, cuja contribuição foi maior pelos ramos depositados nas fases INI e AVA.

Para a fração órgãos reprodutivos (OR), o aporte de elementos foi o seguinte: 2 a 3 de N, 0,1 a 0,2 de P, 0,5 a 0,8 de K, 0,2 a 1,1 de Ca, 0,2 a 0,3 de Mg e 0,09 a 0,14 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de Na. Da mesma forma como observado para os ramos, não houve diferença no aporte de nutrientes entre as fases sucessionais, com exceção da maior contribuição do Ca nas fases INI e AVA.

O aporte de elementos minerais pela fração miscelânea (M) variou de 8 a 21 de N, 0,4 a 1,1 de P, 1,2 a 3,1 de K, 2 a 7 de Ca, 0,6 a 1,8 de Mg e de 0,3 a 0,6

kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de Na. Para todos os elementos as maiores transferências ocorreram na miscelânea da fase AVA.

Em termos de serapilheira total (ST), o aporte de N variou de 70 a 96 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ e os maiores valores foram encontrados nas fases MED e AVA. O aporte de Ca variou de 14 a 46 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ e foi maior na fase INI. Já o aporte de Mg variou de 7 a 11 kg.ha⁻¹.ano⁻¹, sendo maior na fase MED. O aporte dos demais elementos não variou entre as fases sucessionais, portanto, os valores médios foram de 4, 15 e 3,5 kg.ha⁻¹.ano⁻¹ de P, K e Na, respectivamente.

A ordem decrescente de aporte entre os elementos foi a mesma nas três fases: N > Ca > K > Mg > P > Na. CUSTÓDIO FILHO *et al.* (1996) estudando um trecho de floresta primária alterada no domínio da Floresta Ombrófila Densa Montana, em Boracéia (SP), encontraram seqüência similar de transferência de nutrientes da serapilheira para o solo: N > Ca > K > Mg > S > P. Em Floresta Estacional Semidecidual também foi encontrada esta seqüência (PAGANO, 1989; CESAR, 1993b).

Com relação ao aporte de elementos minerais nas diferentes estações do ano, a influência estacional foi, em geral, pequena ou inexistente. As exceções a este comportamento foram as seguintes: maior deposição de N e P pela miscelânea no verão (fase INI); maior deposição de P, Ca e Na no inverno e de N na primavera pela fração folhas total (fase MED); maior deposição de N, P, K, Ca, Mg e Na na primavera pela fração folhas total (fase AVA); maior deposição de N e Na no outono pela fração ramos (fase AVA); maior deposição de N e P no verão e de K, Ca, Mg e Na na primavera pela serapilheira total (fase AVA).

Como a concentração de elementos apresentou pouca variação entre as estações, o padrão de deposição de nutrientes foi determinado pelo padrão de deposição de fitomassa. Este comportamento também foi constatado em diversos trabalhos (BRITEZ, 1994; PEZZATO, 2004; ROCHA, 2006; SCHEER, 2006).

Na Tabela 22 são apresentadas as quantidades anuais e percentuais de macronutrientes e Na transferidas pelas folhas das espécies selecionadas nas três fases sucessionais.

TABELA 21 – QUANTIDADE MÉDIA ANUAL¹ DE MACRONUTRIENTES E SÓDIO TRANSFERIDA PELA SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) DEPOSITADA NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.

QUANTIDADE DOS ELEMENTOS (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)																								
N				P				K				Ca				Mg				Na				
FASE INICIAL																								
FT	55,2	a ²	B ³	(3,65) ⁴	2,60	a	A	(0,28)	11,2	A	A	(1,28)	37,8	a	A	(2,74)	4,90	a	B	(0,41)	3,20	a	A	(0,28)
R	5,7	b	A	(0,83)	0,24	bc	A	(0,07)	1,10	bc	A	(0,19)	3,8	b	A	(0,56)	0,89	b	A	(0,18)	0,29	b	A	(0,05)
OR	1,9	c	A	(0,34)	0,13	c	A	(0,02)	0,48	A	A	(0,13)	1,1	c	A	(0,09)	0,16	c	A	(0,04)	0,09	c	A	(0,02)
M	7,5	b	B	(0,11)	0,40	b	B	(0,01)	1,20	B	B	(0,10)	5,0	b	B	(0,16)	0,62	b	C	(0,04)	0,28	b	B	(0,01)
ST	70,1		B	(1,20)	3,6		A	(0,36)	13,8		A	(1,51)	45,7		A	(2,13)	6,6		B	(0,60)	3,6		A	(0,32)
FASE MÉDIA																								
FT	73,6	a	A	(4,75)	2,88	a	A	(0,23)	9,57	A	A	(0,73)	10,8	a	C	(0,49)	8,36	a	A	(0,71)	2,57	a	AB	(0,13)
R	8,4	bc	A	(1,72)	0,29	b	A	(0,03)	1,42	b	A	(0,37)	1,6	b	B	(0,22)	0,91	b	A	(0,21)	0,45	b	A	(0,13)
OR	2,8	c	A	(1,04)	0,18	b	A	(0,07)	0,79	b	A	(0,31)	0,2	c	B	(0,09)	0,25	b	A	(0,10)	0,14	b	A	(0,03)
M	12,7	b	A	(2,18)	0,55	b	B	(0,11)	1,63	b	B	(0,38)	1,9	b	C	(0,35)	1,25	b	B	(0,22)	0,39	b	AB	(0,10)
ST	96,5		A	(9,01)	4,0		A	(0,44)	14,3		A	(1,79)	13,7		C	(0,88)	10,5		A	(1,24)	3,7		A	(0,32)
FASE AVANÇADA																								
FT	63,8	a	AB	(1,92)	2,56	a	A	(0,16)	9,36	a	A	(0,55)	19,7	a	B	(0,85)	6,44	a	B	(0,13)	2,13	a	B	(0,15)
R	8,6	c	A	(1,28)	0,33	c	A	(0,07)	1,53	c	A	(0,23)	4,3	c	A	(0,75)	0,81	c	A	(0,10)	0,31	bc	A	(0,05)
OR	3,1	c	A	(1,02)	0,16	c	A	(0,06)	0,78	c	A	(0,28)	0,8	d	AB	(0,26)	0,28	d	A	(0,10)	0,10	c	A	(0,03)
M	20,6	b	A	(3,50)	1,06	b	A	(0,14)	3,11	b	A	(0,48)	7,0	b	A	(0,61)	1,82	b	A	(0,18)	0,60	b	A	(0,08)
ST	95,3		A	(3,66)	4,1		A	(0,33)	15,4		A	(1,02)	30,3		B	(0,28)	9,3		AB	(0,35)	3,1		A	(0,21)

¹ Total anual transferido de cada elemento mineral (média dos anos de 2004, 2005 e 2006).

² Valores em coluna seguidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$) - comparação entre frações da serapilheira em cada fase sucessional.

³ Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$) - comparação entre fases sucessionais para cada fração da serapilheira e total.

⁴ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

TABELA 22 - QUANTIDADE ANUAL E PERCENTUAL DE MACRONUTRIENTES E SÓDIO TRANSFERIDA PELAS FOLHAS DAS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.

FASE	ESPÉCIE	QUANTIDADE DOS ELEMENTOS (kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)											
		N	%	P	%	K	%	Ca	%	Mg	%	Na	%
INICIAL	<i>T. pulchra</i>	38,4	73	1,68	71	6,64	69	37,2	83	3,12	70	2,09	72
	<i>M. coriaceae</i>	6,0	11	0,28	12	1,41	15	2,86	6	0,48	11	0,46	16
	Outras espécies	8,1	15	0,40	17	1,56	16	4,96	11	0,83	19	0,36	12
	TOTAL	52,5	100	2,36	100	9,61	100	45,1	100	4,43	100	2,91	100
MÉDIA	<i>S. guianensis</i>	6,3	9	0,27	10	0,88	9	1,44	11	0,67	7	0,20	7
	<i>H. alchorneoides</i>	4,6	6	0,24	9	0,92	10	0,41	3	0,67	7	0,28	9
	<i>Alchornea</i> sp.	3,8	5	0,13	5	0,44	5	0,58	4	0,33	4	0,08	3
	<i>B. meridionalis</i>	4,7	6	0,15	5	0,48	5	0,46	4	0,64	7	0,14	5
	Outras espécies	53,8	74	2,03	72	6,77	71	10,1	78	6,68	74	2,32	77
	TOTAL	73,2	100	2,82	100	9,49	100	13,0	100	8,99	100	3,02	100
AVANÇADA	<i>S. guianensis</i>	6,5	10	0,28	10	1,05	10	2,38	10	0,55	7	0,20	8
	<i>H. alchorneoides</i>	4,2	6	0,24	8	0,73	7	1,94	8	0,67	9	0,15	6
	<i>Alchornea</i> sp.	2,4	4	0,08	3	0,29	3	0,35	1	0,12	2	0,05	2
	<i>P. guianensis</i>	2,5	4	0,08	3	0,27	3	0,69	3	0,27	4	0,08	3
	<i>M. tomentosa</i>	1,7	3	0,08	3	0,27	3	0,58	2	0,23	3	0,09	4
	Outras espécies	48,5	74	2,16	74	7,79	75	19,0	76	5,81	76	1,87	77
	TOTAL	65,9	100	2,92	100	10,4	100	25,0	100	7,65	100	2,44	100

Na fase INI, a espécie *T. pulchra* foi a que mais contribuiu na transferência de todos os elementos (73% em média). A espécie *M. racemosa* e as Outras espécies tiveram uma contribuição bem menor, 12 e 15% em média, respectivamente. Na fase MED a maior contribuição foi da fração Outras espécies (74% em média). Entre as folhas das espécies selecionadas, a contribuição foi mais equilibrada se comparada à fase INI, onde predominou a espécie *T. pulchra*. A espécie *S. guianensis* transferiu as maiores quantidades de N, P, K, Ca e Mg e a espécie *H. alchorneoides* de K, Mg e Na. Na fase AVA a maior contribuição também foi da fração Outras espécies (75% em média), seguido das espécies *S. guianensis* (36%) e *H. alchorneoides* (30%).

É importante ressaltar que as espécies *S. guianensis* e *H. alchorneoides* apresentaram o mesmo comportamento nas duas fases onde foram estudadas. Já a espécie *Alchornea* sp. apresentou uma transferência de elementos um pouco maior na fase MED em relação à fase AVA.

Como a concentração dos elementos variou pouco entre as estações, a sazonalidade do retorno de macronutrientes seguiu aproximadamente a curva de produção de serapilheira (PAGANO, 1989; CESAR, 1993).

Dantas e Phillipson (1989), apresentaram as seguintes quantidades de N, P, K, Ca e Mg transferidos pela serapilheira de florestas tropicais no Brasil: 74–156; 1-3,4; 13-26; 18-76 e 1-29 kg.ha⁻¹. A quantidade de N transferida pela serapilheira da fase INI ficou próxima ao limite inferior deste intervalo (70,1 kg.ha⁻¹.ano⁻¹). Já as quantidades transferidas pelas fases MED e AVA ficaram dentro do intervalo (96,5 e 95,3 kg.ha⁻¹.ano⁻¹, respectivamente). As quantidades de P nas três fases (3,6, 4,0 e 4,1 kg.ha⁻¹.ano⁻¹, respectivamente) ficaram um pouco acima do intervalo e as quantidades de K (13,8, 14,3 e 15,4 kg.ha⁻¹.ano⁻¹) ficaram próximas ao limite inferior. A quantidade de Ca transferida pela fase MED (13,7 kg.ha⁻¹.ano⁻¹) foi a menor das três fases e ficou abaixo do intervalo proposto pelos autores supracitados. Nas fases INI e AVA as quantidades de Ca (45,6 e 30,3 kg.ha⁻¹.ano⁻¹, respectivamente) ficaram dentro do intervalo citado. Finalmente, as quantidades de Mg ficaram dentro do intervalo citado, porém mais próximas ao limite inferior (6,6, 10,5 e 9,3 kg.ha⁻¹.ano⁻¹).

A maior contribuição ao retorno de nutrientes via deposição de serapilheira na fase INI foi de Ca pelas folhas, ramos e órgãos reprodutivos e de Na pelas folhas. Na fase MED a maior contribuição foi de N e Mg pelas folhas e, na fase AVA, de N,

P, K, Mg e Na pela miscelânea e de Ca pelos ramos, órgãos reprodutivos e miscelânea.

A soma das quantidades anuais dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg (em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$) depositados pela serapilheira para a comparação de ecossistemas tem sido muito utilizada na literatura (SCHEER, 2006). No presente estudo as quantidades totais de macronutrientes depositadas foram de 139,8, 138,9 e 154,4 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ nas fases INI, MED e AVA, respectivamente. Estes resultados estão próximos aos encontrados por Pires (2001) em uma área de restinga no Paraná (154 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$), por Wisniewski *et al.* (1997) em três fases sucessionais da FOD das Terras Baixas também no Paraná (118, 155 e 178 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$), por Domingos, Silveira e Struffaldi-de-Vuono (2000) em um trecho de FOD Submontana sob moderada poluição em São Paulo (139 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$), por Leitão Filho *et al.* (1993) em FOD Submontana secundária também em São Paulo (150 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$) e por Portes, Koehler E Galvão (1998) em FOD Altomontana primária no Paraná (142 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$). Entretanto, estes valores de aporte de nutrientes são baixos se comparados às florestas estacionais, as quais depositam de 215 a 645 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (SCHEER, 2006).

4.1.4.4 Aporte de micronutrientes

A quantidade anual dos micronutrientes Fe, Cu, Mn e Zn transferidos pela serapilheira (frações e total) nas três fases é mostrada na Tabela 23. Observa-se que, para os quatro elementos, as folhas transferiram as maiores quantidades; e os órgãos reprodutivos as menores. As frações ramos e miscelânea ficaram numa posição intermediária, ora sendo a contribuição de uma fração maior que a da outra, ora apresentando a mesma contribuição. O mesmo comportamento ocorreu nas três fases. O aporte dos micronutrientes, considerando-se a serapilheira total, variou de 137 a 144 g.ha⁻¹.ano⁻¹ de Fe, 17 a 22 de Cu, 168 a 467 de Mn e 20 a 22 de Zn. O Fe e o Mn foram transferidos em maior quantidade pela serapilheira. Este resultado já foi observado por outros estudos em florestas tropicais no Brasil (BRITZ, 1994; DIAS *et al.*, 2002; SCHEER, 2006).

A análise comparativa sucessional do aporte de micronutrientes mostrou que a transferência do Fe pela serapilheira (frações e total) não diferiu entre as fases, com exceção da fração miscelânea a qual foi maior na fase AVA.

Não houve diferença entre as fases no aporte do Cu pelas frações ramos, órgãos reprodutivos e serapilheira total. Para a fração folhas o maior aporte ocorreu na fase MED e para a miscelânea na fase AVA.

O maior aporte de Mn ocorreu na fase AVA para todas as frações da serapilheira. Quanto ao Zn, não houve diferença entre as fases para as frações folhas, órgãos reprodutivos e serapilheira total. Para os ramos e miscelânea, o maior aporte ocorreu na fase AVA.

Independente da fração e da fase, a seqüência decrescente de transferência de micronutrientes pela serapilheira foi a seguinte: Mn > Fe > Zn = Cu.

TABELA 23 - QUANTIDADE ANUAL¹ DE MICRONUTRIENTES TRANSFERIDOS PELA SERAPILHEIRA (TOTAL E FRAÇÕES) DAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA – COMPARAÇÃO ENTRE FRAÇÕES EM CADA FASE SUCESSIONAL.

FASE/FRAÇÃO		QUANTIDADE DOS ELEMENTOS (g.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)															
		Fe			Cu			Mn			Zn						
INICIAL	FT	106,0	A ²	A ³	(0,010) ⁴	11,6	a	B	(0,001)	131,0	a	C	(0,013)	14,4	a	A	(0,002)
	R	10,8	b	A	(0,002)	2,7	b	A	(0,000)	25,3	b	B	(0,005)	2,5	b	B	(0,000)
	OR	2,3	c	A	(0,001)	0,5	d	A	(0,000)	0,9	d	C	(0,000)	0,5	c	A	(0,000)
	M	17,8	b	B	(0,003)	1,7	c	B	(0,000)	10,6	c	C	(0,001)	2,6	b	B	(0,000)
	ST	136,9		A	(0,011)	16,5		A	(0,001)	167,7		C	(0,012)	20,0		A	(0,002)
MÉDIA	FT	108,7	a	A	(0,013)	16,1	a	A	(0,001)	183,5	a	B	(0,018)	12,2	a	A	(0,001)
	R	12,4	c	A	(0,002)	2,6	b	A	(0,000)	45,8	b	A	(0,007)	4,3	b	A	(0,001)
	OR	2,8	d	A	(0,001)	0,8	c	A	(0,000)	3,0	c	B	(0,001)	0,5	c	A	(0,000)
	M	19,9	b	B	(0,002)	2,4	b	B	(0,000)	33,8	b	B	(0,005)	3,8	b	B	(0,001)
	ST	143,7		A	(0,013)	22,0		A	(0,002)	266,0		B	(0,018)	20,9		A	(0,002)
AVANÇADA	FT	84,9	a	A	(0,010)	13,0	a	AB	(0,001)	308,2	a	A	(0,037)	10,9	a	A	(0,001)
	R	13,4	c	A	(0,002)	2,8	b	A	(0,000)	55,1	c	A	(0,006)	4,4	c	A	(0,000)
	OR	2,7	d	A	(0,001)	0,7	c	A	(0,000)	6,9	d	A	(0,001)	0,5	d	A	(0,000)
	M	37,5	b	A	(0,005)	4,1	b	A	(0,001)	97,0	b	A	(0,011)	6,5	b	A	(0,001)
	ST	138,4		A	(0,011)	20,7		A	(0,002)	467,2		A	(0,037)	22,3		A	(0,001)

¹ Total anual transferido de cada elemento mineral (média dos anos de 2004, 2005 e 2006).

² Valores em coluna seguidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$) - comparação entre frações da serapilheira em cada fase sucessional.

³ Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$) - comparação entre fases sucessionais para cada fração da serapilheira e total.

⁴ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

A quantidade anual de micronutrientes transferidos pelas folhas das espécies selecionadas nas três fases é mostrada na Figura 28 A, B, C e D. A espécie *T. pulchra* transferiu as maiores quantidades de Fe, Cu e Zn. Porém, no caso do Mn, a contribuição desta espécie foi menos importante. Depois da *T. pulchra*, as maiores contribuições foram das espécies *S. guianensis* (fases MED e AVA) (Fe, Cu e Zn), *B. meridionalis* (Fe, Cu e Zn) e *H. alchorneoides* (Cu e Zn). O Mn, como dito anteriormente, não foi tão marcante para a espécie *T. pulchra* e sim para as espécies *S. guianensis* (fases MED e AVA) e *M. tomentosa*.

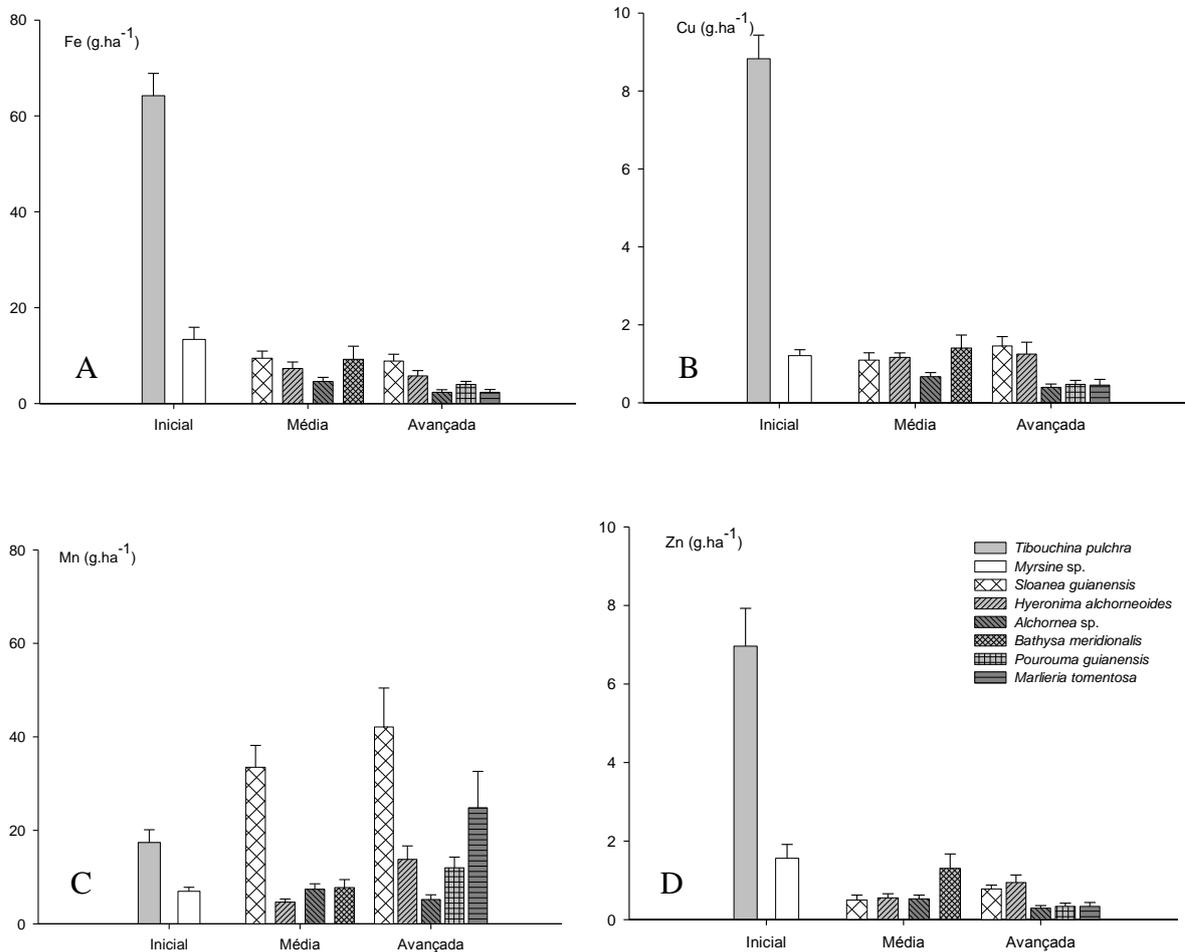


FIGURA 28 - APORTE ANUAL DE Fe (A), Cu (B), Mn (C) E Zn (D) PELAS FOLHAS DAS ESPÉCIES SELECIONADAS NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.

4.2 SERAPILHEIRA ACUMULADA

4.2.1 Fitomassa acumulada e taxa de decomposição

A estimativa da quantidade média de serapilheira acumulada (frações e total) nas fases INI, MED e AVA é mostrada nas Tabelas, 24, 25 e 26, respectivamente.

Em geral as maiores quantidades acumuladas foram das frações folhas e miscelânea (peneira). O acúmulo médio anual de folhas, nas fases INI, MED e AVA, respectivamente, foi de 845, 2146 e 1797 kg.ha⁻¹ e de miscelânea foi de 1815, 3656 e 1418 kg.ha⁻¹. O acúmulo médio anual de ramos foi de 1108, 1334 e 674 kg.ha⁻¹ e o de órgãos reprodutivos, o menor dentre as frações da serapilheira, foi de 18, 70 e 33 kg.ha⁻¹. Em termos de serapilheira total, os acúmulos foram de 3786, 7216 e 3922 kg.ha⁻¹, nas fases INI, MED e AVA, respectivamente.

O comportamento da fração peneira (miscelânea) e da serapilheira total foram muito semelhantes. Desse modo, o padrão geral de acúmulo da serapilheira foi determinado principalmente pela fração peneira, ou seja, por material de tamanho inferior a 9 mm de dimensão. Isto foi mais representativo para as fases INI e MED, onde esta fração mostrou uma porção bastante representativa da serapilheira total.

Nas fases MED e AVA foram retiradas da análise as coletas do dia 12/08/04 devido à perda da maioria das amostras da referida data (incêndio na estufa). Não foi realizada também comparação de médias para a fração órgãos reprodutivos, devido à enorme variabilidade dos dados entre as repetições. Em algumas coletas foram encontrados elementos reprodutivos somente em uma das repetições enquanto nas demais (quatro) o peso foi de zero. Com isso, os coeficientes de variação foram muito elevados, chegando a 100%, como foi o caso das coletas de março/04 (INI), fevereiro/05 (MED), setembro/04, janeiro e fevereiro/05 (AVA). Portanto, o comportamento destes dados foi analisado numericamente e não estatisticamente.

As quantidades de serapilheira acumulada variaram muito, o que pode ser evidenciado pelos elevados coeficientes de variação (CV%) (Tabelas 24 a 26). Além disto, a diminuição nas quantidades acumuladas de uma data para outra de coleta (por exemplo, de 4288 kg.ha⁻¹ em jul/04 para 1494 kg.ha⁻¹ em ago/04 de serapilheira acumulada total na fase INI), podem não refletir apenas decomposição do material,

mas também as variações entre os locais de amostragem. Esta grande variação da serapilheira acumulada ao longo do ano pode ser devido a: uma distribuição heterogênea das espécies arbóreas sobre o terreno; diferentes qualidades de substrato, depositados por diferentes espécies e também devido às variações fenológicas das espécies; às características do microrelevo (inclinação, pedregosidade, depressões, etc) e, eventualmente, a uma amostragem insuficiente do material acumulado (SPAIN, 1984; CUNHA *et al.*, 1993). Varjabedian e Pagano (1988) estimaram o acúmulo de serapilheira em um trecho de Mata Atlântica de encosta no litoral do Estado de São Paulo e encontraram um valor médio de 10,9 t.ha⁻¹ de serapilheira acumulada, com desvio padrão de 2,6 t.ha⁻¹, o que evidencia grande oscilação no estoque de serapilheira ao longo do ano e irregularidade na distribuição desta sobre a superfície do solo.

Os maiores acúmulos de folhas recém depositadas concentraram-se no início do ano (janeiro e fevereiro) e das folhas em decomposição e ramos no final do ano (setembro e novembro). O maior acúmulo de órgãos reprodutivos concentrou-se na metade do ano (maio e julho), porém observou-se elevada quantidade acumulada em setembro/04 na fase INI. Este maior acúmulo deve ser devido a uma maior deposição de órgãos reprodutivos ocorrida na primavera deste ano (Figura 10). De modo geral, portanto, a serapilheira tendeu a acumular-se mais em setembro e novembro (primavera de 2004). Este comportamento foi semelhante ao encontrado por Leitão Filho *et al.* (1993) em uma área de floresta secundária madura de FOD Submontana em Cubatão, SP, onde o maior acúmulo de serapilheira ocorreu na primavera. Já os menores acúmulos, para toda a serapilheira e nas três fases, ocorreram em março/04, ou seja, no final do verão, uma vez que esta coleta foi realizada no dia 21/03/04.

O acúmulo de serapilheira na fase MED aproximou-se da quantidade encontrada por Martius *et al.* (2004a) em uma floresta secundária inicial na Amazônia (7,4 t.ha⁻¹.ano⁻¹), por Floss, Caldato e Bohner (1999) em uma Floresta Ombrófila Mista em Caçador, SC (7,5 a 9,7) e dentro do intervalo de valores já relatados para florestas semidecíduais (5,5 a 8,6) (MORELLATO, 1992; SCHLITTER; DE MARINIS; CESAR, 1993c; DINIZ; PAGANO, 1997b; VITAL *et al.*, 2004). Já o acúmulo nas fases INI e AVA (3,8 e 3,9, respectivamente) ficou abaixo dos valores encontrados por Caldeira *et al.* (2008) em um trecho de FOD Submontana em Blumenau, SC (4,5 a 5,3), porém dentro dos intervalos reportados

na literatura para florestas tropicais (2,1 a 12,5) (SPAIN, 1984). O'Connell e Sankaran (1997) referem-se a quantidades entre 3,1 e 16,5 t.ha⁻¹.ano⁻¹ em florestas tropicais naturais da América do Sul, porém mais de 75% das florestas tropicais consideradas na revisão destes autores acumula em média 6 t.ha⁻¹.ano⁻¹.

TABELA 24 - QUANTIDADE MÉDIA¹ DE SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NA FASE SUCESSIONAL INICIAL (FR = FOLHAS RECÉM DEPOSITADAS, FD = FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, PE = PENEIRA, SAT = SERAPILHEIRA ACUMULADA TOTAL).

MÊS/ ANO	FR			FD			R			OR ⁵			PE			SAT		
	kg.ha ⁻¹		CV% ⁴	kg.ha ⁻¹		CV%	kg.ha ⁻¹		CV%	kg.ha ⁻¹		CV%	kg.ha ⁻¹		CV%	kg.ha ⁻¹		CV%
mar/04	345 c ²	(51,5) ³	14,9	64 d	(7,2)	11,2	201 c	(29,5)	14,6	4	(3,8)	100,0	364 d	(86,0)	23,6	979 d	(123,4)	12,6
mai/04	656 a	(71,0)	10,8	236 b	(37,1)	15,7	807 b	(155,9)	19,3	8	(2,4)	30,3	1430 bc	(378,5)	26,5	3137 cd	(427,0)	13,6
jul/04	493 abc	(116,5)	23,6	482 b	(239,4)	49,7	1251 ab	(608,4)	48,6	45	(5,7)	12,7	2017 bc	(872,5)	43,3	4288 bc	(1806,4)	42,1
ago/04	333 c	(16,2)	4,8	97 cd	(15,8)	16,2	321 c	(78,7)	24,5	10	(5,4)	53,5	732 c	(68,3)	9,3	1494 cd	(124,4)	8,3
set/04	376 bc	(51,3)	13,6	969 a	(215,3)	22,2	1826 ab	(461,8)	25,3	41	(11,3)	27,4	3314 ab	(1050,4)	31,7	6526 ab	(1608,6)	24,6
nov/04	545 abc	(80,4)	14,8	770 a	(76,9)	10,0	2199 a	(510,8)	23,2	22	(0,7)	3,3	3737 a	(464,0)	12,4	7272 a	(964,5)	13,3
jan/05	595 ab	(117,3)	19,7	189 bc	(57,3)	30,3	1369 ab	(324,7)	23,7	12	(6,5)	56,0	1968 bc	(660,2)	33,5	4133 bc	(866,5)	21,0
fev/05	442 abc	(95,0)	21,5	164 bc	(33,7)	20,5	890 b	(289,6)	32,5	4 c	(2,7)	62,3	961 c	(196,1)	20,4	2462 cd	(325,4)	13,2
Média geral	473	(31,7)		372	(63,4)		1108	(156,4)		18	(3,1)		1815	(259,4)		3786	(462,5)	

¹ Média de 5 amostras por data de coleta.

² Valores em coluna seguidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$).

³ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

⁴ CV% = coeficiente de variação em porcentagem.

⁵ Não foi realizado o teste de comparação de médias devido à grande variabilidade dos dados.

TABELA 25 - QUANTIDADE MÉDIA¹ DE SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NA FASE SUCESSIONAL MÉDIA (FR = FOLHAS RECÉM DEPOSITADAS, FD = FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, PE = PENEIRA, SAT = SERAPILHEIRA ACUMULADA TOTAL).

MÊS/ ANO	FR			FD			R			OR ⁵			PE			SAT		
	kg.ha ⁻¹		CV% ⁴	kg.ha ⁻¹		CV%	kg.ha ⁻¹		CV%	kg.ha ⁻¹		CV%	kg.ha ⁻¹		CV%	kg.ha ⁻¹		CV%
mar/04	690 c ²	(92,4) ³	13,4	281 b	(73,2)	26,0	560 c	(71,7)	12,8	117	(111,5)	95,1	1101 c	(330,9)	30,0	2750 c	(484,1)	17,6
mai/04	1647 a	(293,9)	17,8	470 b	(75,1)	16,0	1795 a	(302,3)	16,8	195	(189,3)	96,9	3798 ab	(863,3)	22,7	7906 ab	(745,4)	9,4
jul/04	1504 ab	(88,0)	5,9	1191 a	(181,5)	15,2	1810 a	(286,6)	15,8	168	(110,7)	66,0	4784 a	(965,0)	20,2	9456 a	(1544,5)	16,3
set/04	903 c	(142,3)	15,8	1269 a	(216,9)	17,1	1813 a	(354,4)	19,6	44	(22,0)	50,2	4758 a	(1091,6)	22,9	8787 a	(930,1)	10,6
nov/04	1037 bc	(249,2)	24,0	1466 a	(218,0)	14,9	1400 ab	(152,8)	10,9	18	(14,6)	80,3	5382 a	(1137,1)	21,1	9303 a	(1378,2)	14,8
jan/05	1679 a	(213,8)	12,7	537 b	(105,4)	19,6	869 bc	(313,9)	36,1	8	(5,2)	62,0	1978 bc	(359,6)	18,2	5071 bc	(612,7)	12,1
fev/05	1815 a	(235,2)	13,0	529 b	(75,6)	14,3	1092 abc	(172,3)	15,8	11	(10,6)	100,0	3789 ab	(1049,2)	27,7	7236 ab	(1343,1)	18,6
Média geral	1325	(98,5)		821	(90,7)		1334	(119,0)		70	(30,4)		3656	(393,5)		7216	(539,8)	

¹ Média de 5 amostras por data de coleta.

² Valores em coluna seguidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$).

³ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

⁴ CV% = coeficiente de variação em porcentagem.

⁵ Não foi realizado o teste de comparação de médias devido à grande variabilidade dos dados.

TABELA 26 - QUANTIDADE MÉDIA¹ DE SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NA FASE SUCESSIONAL AVANÇADA (FR = FOLHAS RECÉM DEPOSITADAS, FD = FOLHAS EM DECOMPOSIÇÃO, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, PE = PENEIRA, SAT = SERAPILHEIRA ACUMULADA TOTAL).

MÊS/ ANO	FR			FD			R			OR ⁵			PE			SAT		
	kg.ha ⁻¹		CV% ⁴	kg.ha ⁻¹		CV%	kg.ha ⁻¹		CV%	kg.ha ⁻¹		CV%	kg.ha ⁻¹		CV%	kg.ha ⁻¹		CV%
mar/04	560 c	(73,1) ³	13,1	130 d	(15,5)	11,9	379 cd	(91,1)	24,0	20	(16,4)	79,9	250 d	(30,8)	12,3	1340 d	(168,1)	12,5
mai/04	1328 b	(411,4)	31,0	760 b	(204,4)	26,9	712 bc	(184,8)	26,0	67	(35,3)	52,7	1503 b	(313,9)	20,9	4370 b	(851,4)	19,5
jul/04	519 c	(99,4)	19,2	847 b	(114,9)	13,6	776 abc	(223,4)	28,8	39	(26,8)	69,5	1322 bc	(230,0)	17,4	3503 bc	(432,2)	12,3
set/04	850 bc	(175,0)	20,6	965 b	(288,0)	29,8	1480 a	(407,4)	27,5	26	(25,9)	100,0	2267 ab	(644,4)	28,4	5588 ab	(1239,6)	22,2
nov/04	1079 bc	(208,5)	19,3	1776 a	(188,6)	10,6	956 ab	(136,5)	14,3	44	(23,8)	53,8	2675 a	(425,5)	15,9	6530 a	(649,7)	10,0
jan/05	1186 bc	(217,1)	18,3	285 c	(41,3)	14,5	190 d	(65,1)	34,2	27	(27,1)	100,0	665 cd	(148,1)	22,3	2353 cd	(287,7)	12,2
fev/05	2005 a	(268,3)	13,4	291 c	(37,6)	12,9	223 d	(128,2)	57,5	8	(7,8)	100,0	1247 bc	(292,5)	23,5	3774 bc	(466,4)	12,4
Média geral	1075	(113,7)		722	(104,9)		674	(101,6)		33	(9,0)		1418	(179,9)		3922	(366,1)	

¹ Média de 5 amostras por data de coleta.

² Valores em coluna seguidos da mesma letra minúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$).

³ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

⁴ CV% = coeficiente de variação em porcentagem.

⁵ Não foi realizado o teste de comparação de médias devido à grande variabilidade dos dados.

A quantidade de serapilheira depositada e acumulada, a taxa de decomposição e o tempo de renovação do estoque de serapilheira, nas três fases, são indicados na Tabela 27. Nas três fases, a decomposição mais rápida foi dos órgãos reprodutivos, seguida das folhas e por último, com decomposição mais lenta, os ramos.

Na fase INI, os órgãos reprodutivos apresentaram uma taxa de decomposição (k) de 7,89; o tempo para desaparecimento de 95% dos órgãos reprodutivos foi de apenas 0,38 anos (ou 139 dias). Na fase MED esta taxa diminuiu mais de três vezes (2,33), aumentando o tempo de renovação para 1,29 anos (471 dias). Na fase AVA o k voltou a aumentar (4,88), porém não acima do valor encontrado na fase INI. Dessa forma, o maior acúmulo de elementos reprodutivos ocorreu na fase MED.

As folhas também apresentaram maior k na fase INI (4,72) em relação às fases MED e AVA (1,88 e 2,01, respectivamente). Esta maior velocidade de decomposição na fase INI foi consequência do predomínio das folhas de *T. pulchra* (77% da fração folhas das serapilheira depositada), cujo tempo de decomposição de 99% do material foi de pouco mais de um ano (447 dias), medido no ensaio de decomposição com litterbags (item 4.3, Tabelas 29 e 30).

Os ramos, mais lignificados em relação às folhas e elementos reprodutivos, apresentaram decomposição mais lenta, acumulando-se por mais tempo sobre o solo. A maior taxa ocorreu na fase AVA (0,88), seguida da fase INI (0,53) e da fase MED (0,44), portanto, nesta última os ramos levariam quase 7 anos para se decompor (95%).

Em termos de serapilheira total, a fase MED apresentou o menor k (0,75) em relação às fases INI e AVA (1,37 e 1,36, respectivamente). Portanto a decomposição na MED foi quase duas vezes mais lenta que nas demais fases.

As ordens decrescentes de velocidade de decomposição da serapilheira acumulada (frações e total) entre as fases foram as seguintes: Folhas: INI > AVA > MED; Ramos: AVA > INI > MED; Órgãos reprodutivos: INI > AVA > MED; Serapilheira acumulada total: INI = AVA > MED. Observa-se, por estas seqüências, que as maiores taxas de decomposição oscilaram sempre entre as fases INI e AVA e que na fase MED a decomposição foi sempre mais lenta, independente da fração considerada.

TABELA 27 - SERAPILHEIRA DEPOSITADA E SERAPILHEIRA ACUMULADA, TAXA DE DECOMPOSIÇÃO (k) E TEMPO DE RENOVAÇÃO DO ESTOQUE DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.

FASE	FRAÇÃO	SERAPILHEIRA		TAXA	TEMPO RENOVAÇÃO	
		DEPOSITADA	ACUMULADA	DECOMPOSIÇÃO ¹	(ANOS)	
		Mg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹		(k)	T _{0,5} ²	T _{0,05} ³
INICIAL	F	3,986	0,845	4,72	0,15	0,64
	R	0,586	1,108	0,53	1,31	5,67
	OR	0,142	0,018	7,89	0,09	0,38
	SAT	5,201	3,786	1,37	0,50	2,18
MÉDIA	F	4,042	2,146	1,88	0,37	1,59
	R	0,588	1,334	0,44	1,57	6,81
	OR	0,186	0,080	2,33	0,30	1,29
	SAT	5,399	7,216	0,75	0,93	4,01
AVANÇADA	F	3,611	1,797	2,01	0,34	1,49
	R	0,595	0,674	0,88	0,79	3,40
	OR	0,161	0,033	4,88	0,14	0,61
	SAT	5,323	3,922	1,36	0,51	2,21

¹ Calculada a partir da divisão da quantidade de serapilheira depositada pela quantidade acumulada.

² Tempo para decomposição de 50% do material ($T_{0,5} = 0,693/k$)

³ Tempo para decomposição de 95% do material ($T_{0,05} = 3/k$)

Corrêa (2007) estudou a formação de horizontes orgânicos nas mesmas áreas do presente estudo e observou que somente os horizontes OL (L = litter; folhas, ramos e material lenhoso facilmente identificáveis) e OF (F = fermentado; folhas, ramos e material lenhoso parcialmente decomposto) se formaram nesta área. Já os horizontes OM (M = camada de musgo vivo ou rizomas de gramíneas) e OH (H = húmus; estruturas originais do material vegetal não são reconhecidas) não ocorreram. E na fase MED houve maior diferenciação dos horizontes orgânicos (maior subdivisão do horizonte OF) em relação às outras fases.

A pouca diferenciação dos horizontes orgânicos na fase INI, marcada pela presença de horizonte OL diretamente sobre o solo mineral em alguns pontos de amostragem no inverno, foi justificada por Corrêa (2007) pela baixa densidade de árvores e menor cobertura do dossel (LIEBSCH; GOLDENBERG; MARQUES, 2007), permitindo a entrada direta da radiação solar e, com isso, facilitando a decomposição e diminuindo a acumulação de material orgânico sobre o solo. Outro fator, também observado pelo autor, que deve ter influenciado na formação de

horizonte OL somente, foi a predominância da espécie *T. pulchra*, que apresenta rápida decomposição como já citado anteriormente.

Corrêa (2007) observou que a formação morfológica do horizonte OL foi similar entre as três fases, pois tanto a fitomassa quanto a densidade foram similares. De certa forma este horizonte assemelha-se à serapilheira depositada estimada no presente estudo por meio de coletores. Portanto, os resultados encontrados pelo autor supra-citado corroboram com este trabalho, confirmando a similaridade entre as fases na quantidade de serapilheira produzida.

Enquanto Corrêa (2007) estimou a fitomassa dos horizontes OL em 4,8, 5,2 e 4,4 t.ha⁻¹.ano⁻¹, no presente estudo as quantidades depositadas foram estimadas em 5,2, 5,4 e 5,3 t.ha⁻¹.ano⁻¹ nas fases INI, MED e AVA, respectivamente. Nos dois estudos não houve diferença estatística entre as fases. Os menores valores encontrados no estudo de horizontes orgânicos ocorreram devido a diferenças nas metodologias de amostragem (tipo de coletor, número de amostras, época de amostragem, etc) e devido ao grau de decomposição da serapilheira. O material vegetal coletado por meio de coletores suspensos certamente sofreu menos ação dos organismos decompositores em relação ao material acumulado sobre o solo.

Corrêa (2007) observou, ainda, que a formação do horizonte OF na fase MED foi diferente do ocorrido nas fases INI e AVA, pois a fitomassa acumulada neste horizonte, em todas as estações climáticas, foi maior na MED. Conforme citação do próprio autor:

A diferença de formação do horizonte OF entre as tipologias ocorre, pois na Média existe maior quantidade de raízes finas, analisado visualmente, do que nas demais. Esta rede de raízes e de material orgânico fragmentado forma um nítido “colchão”. Nesta tipologia é possível notar uma transição gradual entre os fragmentos do início e do término do horizonte OF. A formação deste “colchão” é tão nítida que é possível destacá-lo facilmente, pois em geral, as raízes finas não penetram no solo mineral. (CORRÊA, 2007, p. 25 e 26).

O autor constatou que a degradação do material é mais lenta na fase MED devido ao maior número de subdivisões no horizonte OF, podendo chegar até quatro subdivisões em alguns pontos de amostragem.

As possíveis explicações para o fato do acúmulo da serapilheira ser maior na fase MED são mencionadas abaixo:

1. Maior acidez e menor fertilidade do solo da fase MED ($H^+ + Al^{+3} = 14,87$ $cmol_c.dm^{-3}$; $V\% = 5,78$) relativamente às fases INI ($H^+ + Al^{+3} = 10,68$, $V\% = 11,87$) e AVA ($H^+ + Al^{+3} = 10,72$; $V\% = 10,77$), limitando o desenvolvimento dos organismos decompositores, principalmente da microflora.

2. A fase MED encontra-se em processo de intensas mudanças na composição florística e estrutural e, provavelmente, a comunidade decompositora não se desenvolveu no mesmo ritmo (falta de organismos específicos para a decomposição de determinados compostos). A riqueza vegetal é maior nesta fase (63 espécies) e, talvez, os organismos decompositores específicos não estejam presentes; ou a qualidade da serapilheira (esclerofilia, baixa palatabilidade) restringe a ação destes organismos. Baixos conteúdos de nutrientes, esclerofilia, abundância de fibras e lignina, presença de polifenóis e substâncias alelopáticas nas folhas são alguns dos fatores responsáveis pela diminuição na velocidade da decomposição de materiais vegetais (O'CONNELL; SANKARAN, 1997).

3. A estrutura da floresta, com dossel mais contínuo e sub-bosque bastante desenvolvido (LIEBSCH; GOLDENBERG; MARQUES, 2007) pode restringir a entrada de luz e, conseqüentemente, retardar o processo de decomposição.

4. A abundância de minhocas é em torno de 3 vezes menor na fase MED (72 $ind.ha^{-1}$) em relação às fases INI e AVA (214 e 246 $ind.ha^{-1}$, respectivamente). As minhocas parecem ter um importante papel no processo de decomposição nas áreas do estudo (SCHMIDT *et al.*, 2008).

Os fatores acima mencionados devem estar agindo conjuntamente além de outros não mensurados como micro-relevo, microclima, qualidade da serapilheira, altura do lençol freático, entre outros fatores. Todas as observações concernentes ao desenvolvimento destas três áreas com base nos processos sucessionais devem ser cautelosas, pois não se tem uma cronossequência real sob o aspecto edáfico (tipo de solo e histórico de uso do terreno). Isso significa que não se pode afirmar que a fase INI terá as mesmas características da fase MED quando atingir 80 anos e que esta seja igual à fase AVA quando atingir aproximadamente 120 anos.

Meguro, Vinuesa e Delitti (1979) sugerem que a produção de serapilheira em florestas sucessionais tropicais úmidas pode alcançar valores mais altos que em florestas maduras, pois nas florestas sucessionais, em geral, ocorre maior número de espécies decíduas, além de mudanças na composição. Assim, a taxa de

acumulação de serapilheira é elevada no período de maior crescimento do povoamento, estabilizando-se com a maturidade da floresta.

As taxas de decomposição de materiais vegetais em florestas naturais variam amplamente (0,3 a 5,5) (O'CONNELL; SANKARAN, 1997). Neste estudo, a taxa de decomposição da serapilheira da fase MED foi menor do que a maioria das taxas encontradas na literatura para florestas tropicais brasileiras (Tabela 28), estando próxima à taxa de decomposição de um trecho de Floresta Ombrófila Densa Submontana no Guarujá, SP (0,72) (VARJABEDIAN; PAGANO, 1988) e de um trecho de Floresta Ombrófila Mista com predomínio da espécie *Araucaria angustifolia* (0,76) (FLOSS; CALDATO; BOHNER, 1999). As taxas nas fases INI e AVA (1,37 e 1,36, respectivamente) estiveram próximas às encontradas em um trecho de Floresta Ombrófila Densa Submontana em Cubatão, SP (1,46) (LEITÃO FILHO *et al.*, 1993) e em Campo dos Goytacazes, RJ, a 200 m de altitude (1,22) (MAZUREC; VILLELA, 1998) e também à de uma floresta amazônica de terra firme no Pará (1,34) (SMITH *et al.*, 1998). As taxas nas florestas estacionais semidecíduais variaram de 1,10 a 1,71 (Tabela 28).

TABELA 28 – TAXAS DE DECOMPOSIÇÃO (k) EM DIVERSAS TIPOLOGIAS FLORESTAIS BRASILEIRAS.

TIPOLOGIA FLORESTAL	LOCAL	k	REFERÊNCIA
Restinga	Paranaguá, PR	0,53	WISNIEWSKI <i>et al.</i> (1997)
Restinga	Ilha do Cardoso, SP	1,07	MORAES <i>et al.</i> (1999)
Restinga	Ilha do Mel, PR	0,92	PIRES <i>et al.</i> (2006)
FODTB	Ilha do Mel, PR	0,59	MARTINS (2004)
FODSub	Guarujá, SP	0,72	VARJABEDIAN; PAGANO (1988)
FODSub (menos poluída)	Cubatão, SP	1,46	LEITÃO FILHO <i>et al.</i> (1993)
FODSub (mais poluída)	Cubatão, SP	1,09	
FODSub (50 m altitude)	Campo dos Goytacazes, RJ	1,54	MAZUREC; VILLELA (1998)
FODSub (200 m altitude)	Campo dos Goytacazes, RJ	1,22	
FODSub	Ilha do Cardoso, SP	1,90	MORAES <i>et al.</i> (1999)
FODSub (fase inicial)		1,37	
FODSub (fase média)	Antonina, PR	0,75	ESTE ESTUDO
FODSub (fase avançada)		1,36	
FODAmTF	Ilha de Maracá, RR	2,00	SCOTT; PROCTOR; THOMPSON (1992)
FODAmTF	Pará	1,34	SMITH <i>et al.</i> (1998)
FOM (predomínio de <i>Araucaria angustifolia</i>)	Caçador, SC	0,76	FLOSS; CALDATO; BOHNER (1999)
FOM (predomínio outras spp)	Caçador, SC	1,11	
FESDec	São Paulo, SP	1,40	MEGURO; VINUEZA; DELITTI (1979)
FESDec	Rio Claro, SP	1,50	PAGANO (1989)
FESDec	Jundiaí, SP	1,60	MORELLATO (1992)
FESDec (altitude)	Jundiaí, SP	1,30	MORELLATO (1992)
FESDec	Santa Maria, RS	1,16	CUNHA <i>et al.</i> (1993)
FESDec	Anhembi, SP	1,06	CESAR (1993b)
FESDec	Araras, SP	1,40	DINIZ; PAGANO (1997)
FESDec (zona ripária)	Botucatu, SP	1,71	VITAL <i>et al.</i> (2004)

FODTB = Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas

FODSub = Floresta Ombrófila Densa Submontana

FOM = Floresta Ombrófila Mista

FODAmTF = Floresta Ombrófila Densa Amazônica de Terra Firme

FESDec = Floresta Estacional Semidecidual

4.2.2 Biolementos na serapilheira acumulada

4.2.2.1 Relação C/N e concentração de carbono, macronutrientes e sódio

Nas figuras 29 a 36, a relação C/N e as concentrações de C, N, P, K, Ca, Mg e Na, respectivamente, são comparadas entre a serapilheira depositada e a serapilheira acumulada, nas três fases sucessionais.

Nas três fases, a relação C/N aumentou em torno de 34% das folhas depositadas para as acumuladas. Como a concentração de C das folhas não se alterou, o aumento da relação C/N foi ocasionado pela diminuição na concentração de N (em torno de 25%). Essa diminuição provavelmente foi causada pela lixiviação do nitrogênio e/ou pelo consumo do N pelos organismos do solo.

No caso dos ramos, como a concentração de C também pouco se alterou, a diminuição na relação C/N (37% na fase INI) foi causada pelo aumento na concentração de N (três fases). Esta diminuição não significa que a decomposição dos ramos foi maior que a das folhas e sim porque houve um aumento na concentração de N. O aumento relativo dos conteúdos de N na serapilheira em decomposição é causado por fixação não-simbiótica de N, absorção de elementos do entorno pelas hifas dos fungos crescendo na serapilheira, por precipitação atmosférica ou por deposição de frações de material animal e vegetal das copas das árvores (O'CONNELL; SANKARAN, 1997). Neste caso específico dos ramos a contribuição fúngica pode ter sido importante uma vez que neste tipo de material, mais lenhoso, observa-se com grande frequência a presença de fungos saprofitos.

Nos órgãos reprodutivos a relação C/N tendeu a diminuir, porém esta diminuição foi muito pequena nas fases INI e AVA (somente 7 e 5%, respectivamente). Já na fase MED, a diminuição da relação C/N dos elementos reprodutivos depositados para os acumulados foi maior (23%). Na miscelânea (ou peneira), tanto as concentrações de C quanto as de N diminuíram bastante (de 33 a 55% nas concentrações de C e de 25 a 53% de N), resultando em pequena variação na relação C/N.

Finalmente, na serapilheira total, tanto as concentrações de C quanto as de N diminuíram. Com isso a relação C/N não se alterou nas fases INI e MED e aumentou apenas 8% na fase AVA.

Com relação ao P (Figura 31), as concentrações praticamente não se alteraram nas folhas, ramos, miscelânea e serapilheira total, nas três fases. Nos órgãos reprodutivos houve uma diminuição média de 41% (três fases).

As concentrações de K (Figura 32) da serapilheira depositada para a acumulada diminuíram em todas as frações e serapilheira total, e nas três fases. Entretanto, esta diminuição foi maior nos órgãos reprodutivos (60%) e na miscelânea (de 47 a 71%). Este comportamento reforça a característica de elevada mobilidade e solubilidade do K, o qual está sujeito à lixiviação em todos os compartimentos do ecossistema (vegetação-serapilheira-solo). O mesmo comportamento foi observado para o sódio (Figura 36), elemento também altamente solúvel e móvel entre os compartimentos do ecossistema.

As concentrações de Ca nas folhas aumentaram na serapilheira acumulada (41, 73 e 88%) e diminuíram na miscelânea (32, 33 e 38%) nas fases INI, MED e AVA, respectivamente. Para as demais frações houveram poucas variações (Figura 33). Como as folhas acumuladas sobre o solo provavelmente estavam mais decompostas do que as folhas depositadas, as concentrações de Ca aumentaram pelo fato deste ser um elemento estrutural nos tecidos vegetais e mais difícil de ser liberado durante o processo de decomposição. A fração miscelânea é um caso à parte pois nem sempre o material acumulado corresponde a uma evolução da fração miscelânea que estava nos coletores suspensos. Daí a dificuldade em se analisar as variações de concentração observadas. Isto é válido não apenas para Ca, mas para todos os demais elementos.

Nas três fases, a concentração de Mg (Figura 34) aumentou nas folhas (63 a 108%), nos ramos (56 a 72%) e na serapilheira total (41 a 85%). Nos órgãos reprodutivos houve aumento da concentração nas fases INI e MED; na AVA não houve alteração. Na miscelânea a concentração aumentou somente na INI; nas fases MED e AVA não houve alteração. Como no geral as concentrações de Mg aumentaram da serapilheira depositada para a acumulada, pode ter ocorrido um efeito de concentração do elemento com a decomposição do material ou acréscimo via deposição úmida, deposição seca ou ainda por partículas de solo e materiais de origem animal.

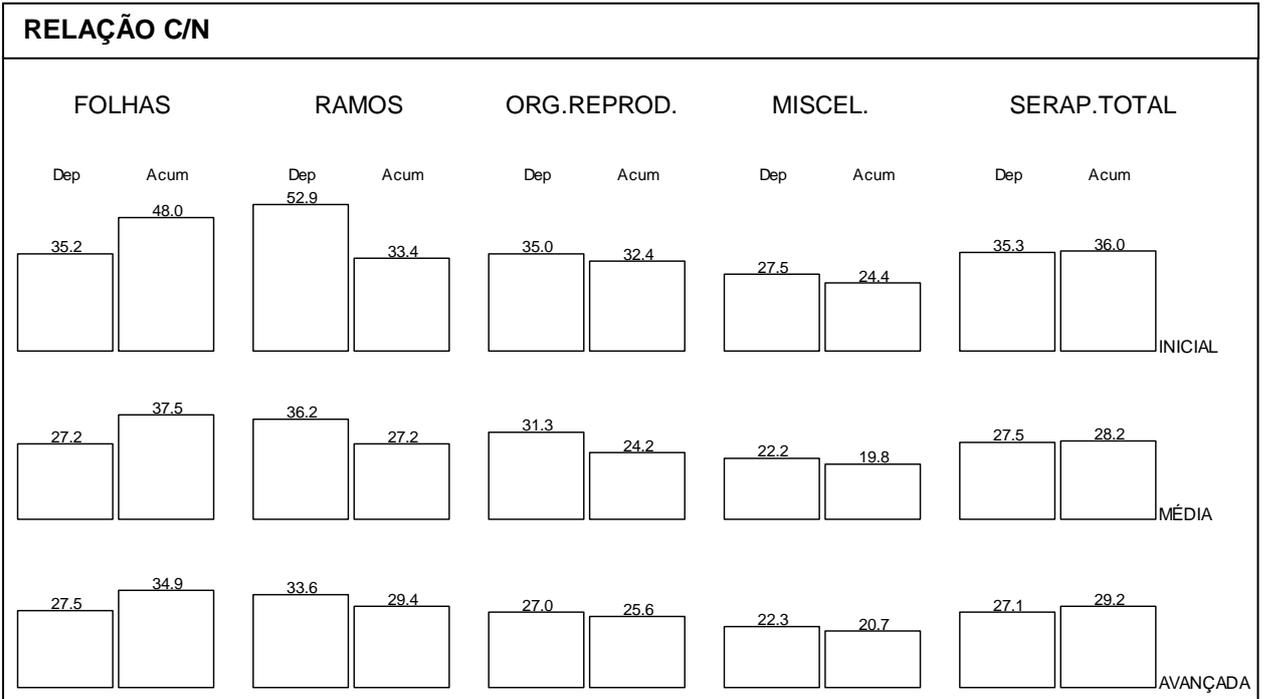


FIGURA 29 – RELAÇÃO C/N DA SERAPILHEIRA DEPOSITADA E ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (Dep = DEPOSITADA, Acum = ACUMULADA).

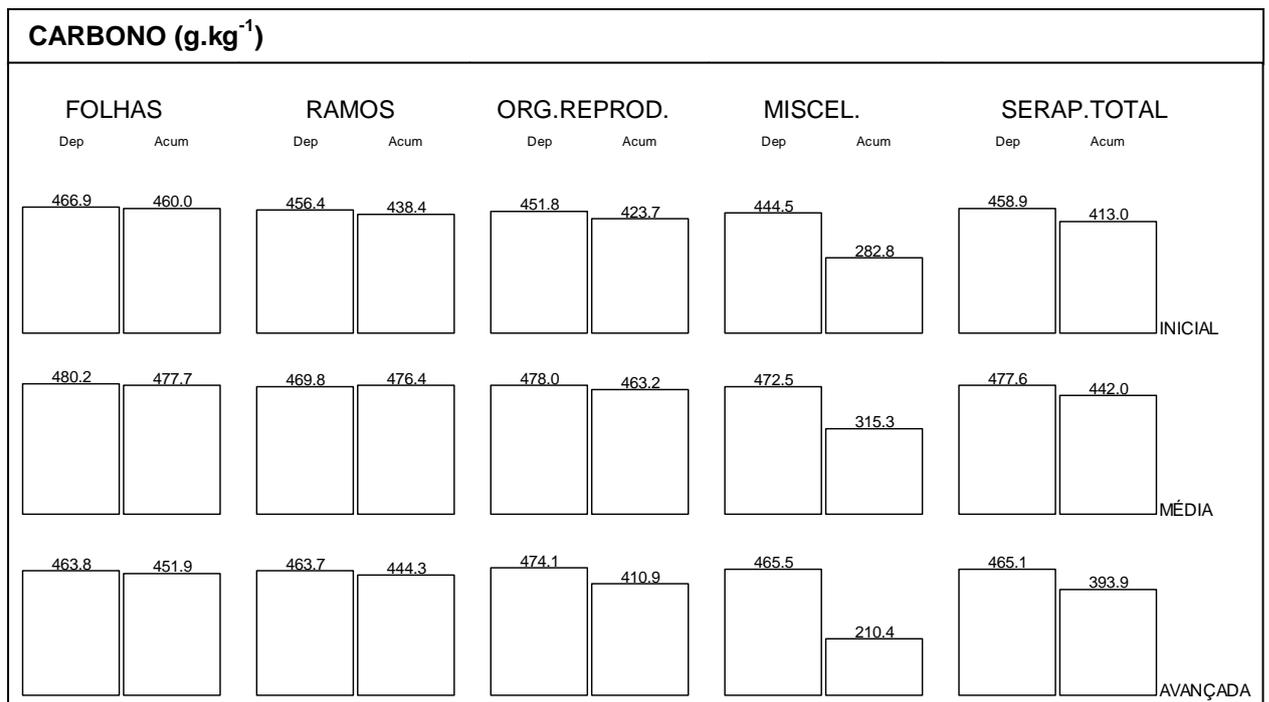


FIGURA 30 – CONCENTRAÇÃO DE C DA SERAPILHEIRA DEPOSITADA E ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (Dep = DEPOSITADA, Acum = ACUMULADA).

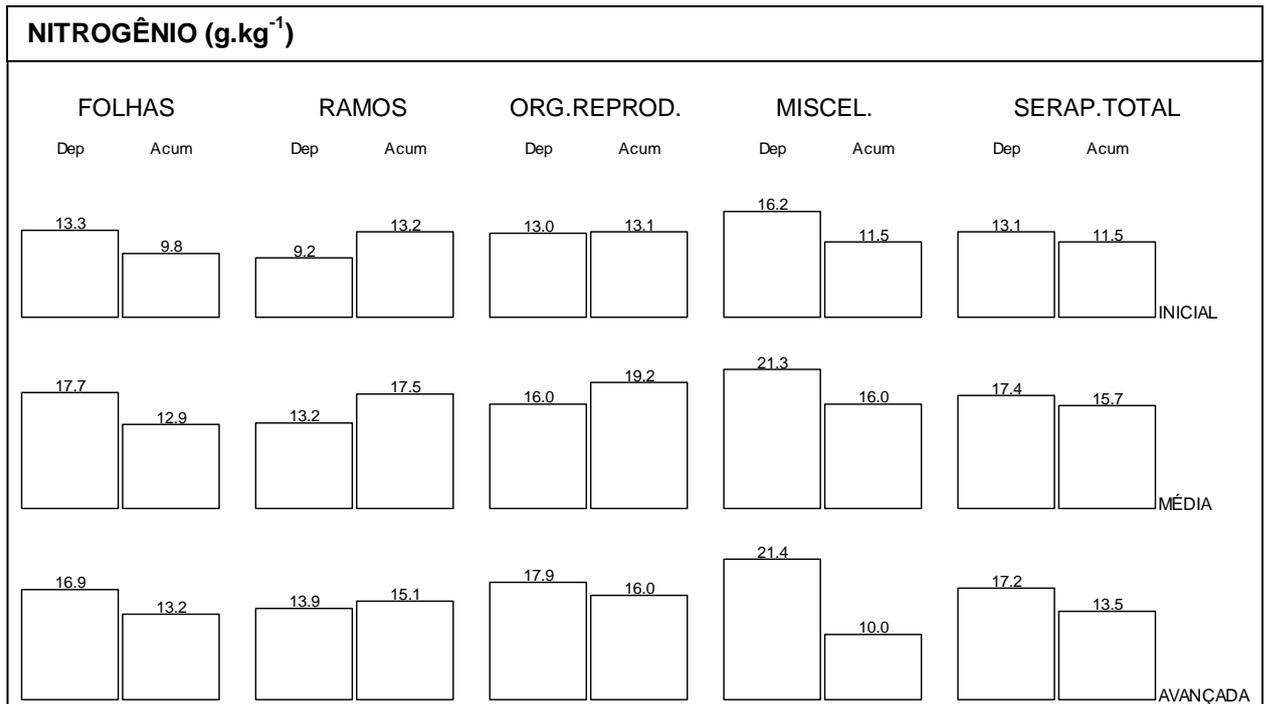


FIGURA 31 – CONCENTRAÇÃO DE N DA SERAPILHEIRA DEPOSITADA E ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (Dep = DEPOSITADA, Acum = ACUMULADA).

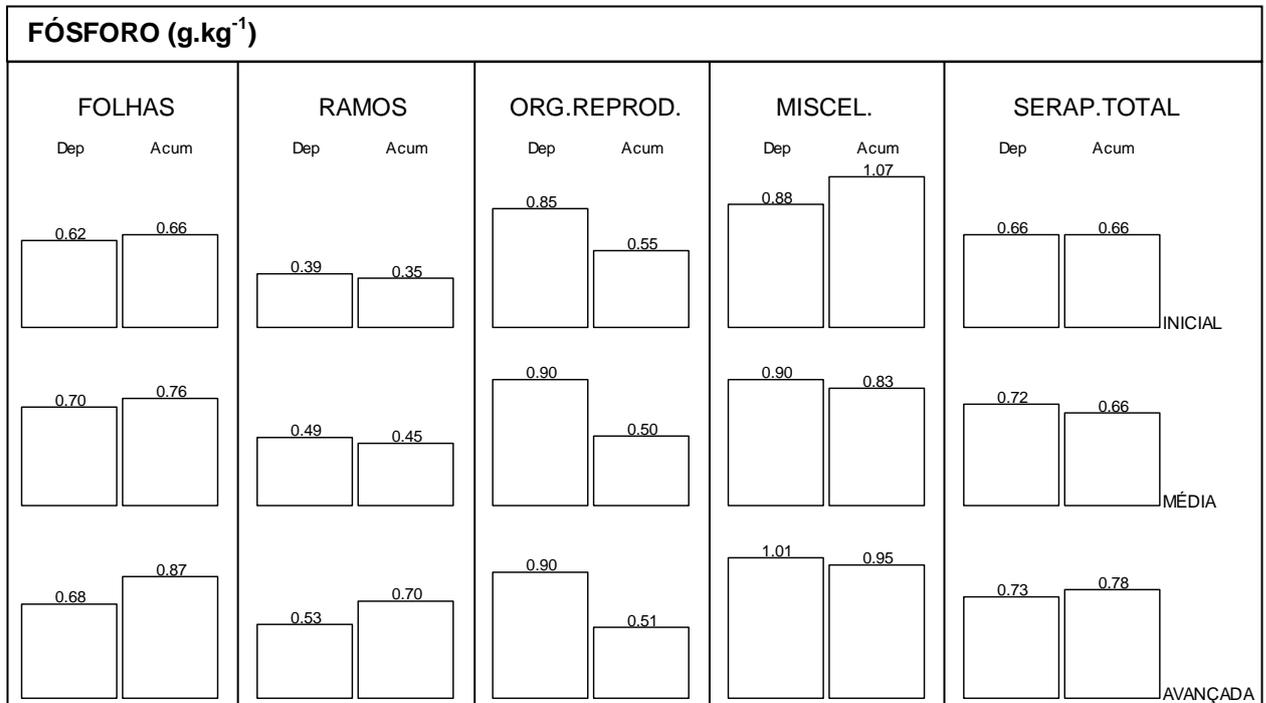


FIGURA 32 – CONCENTRAÇÃO DE P DA SERAPILHEIRA DEPOSITADA E ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (Dep = DEPOSITADA, Acum = ACUMULADA).

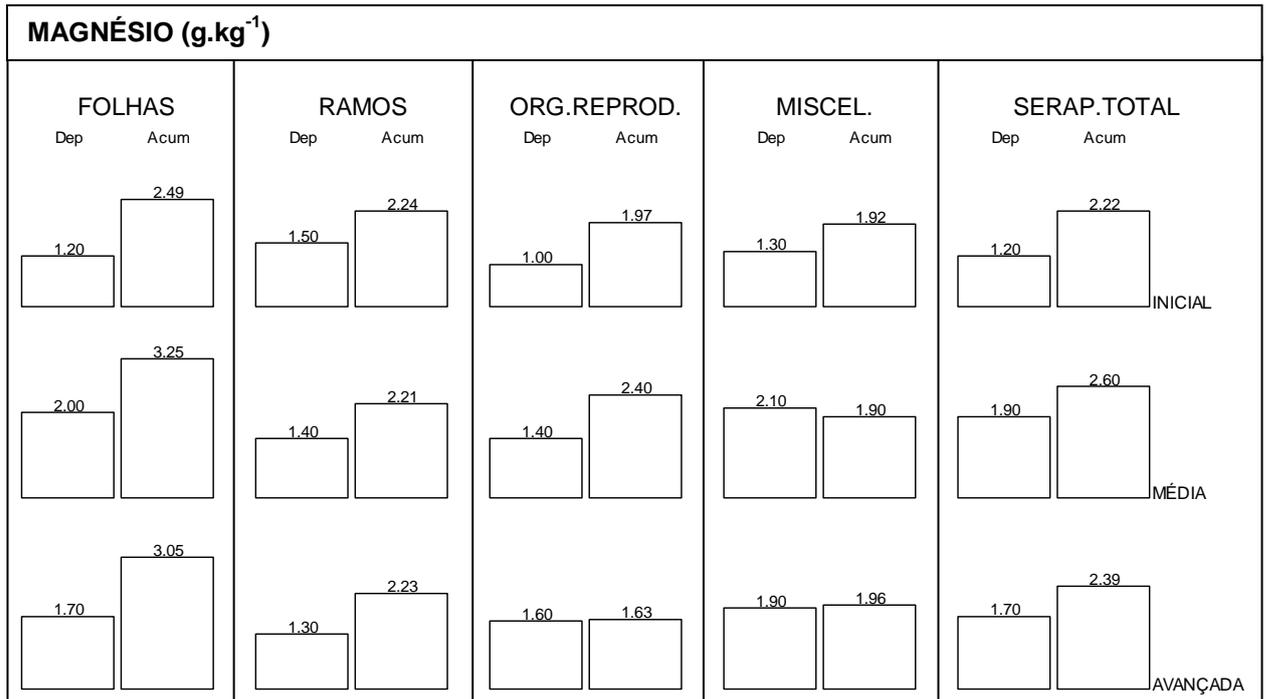


FIGURA 35 – CONCENTRAÇÃO DE MG DA SERAPILHEIRA DEPOSITADA E ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (Dep = DEPOSITADA, Acum = ACUMULADA).

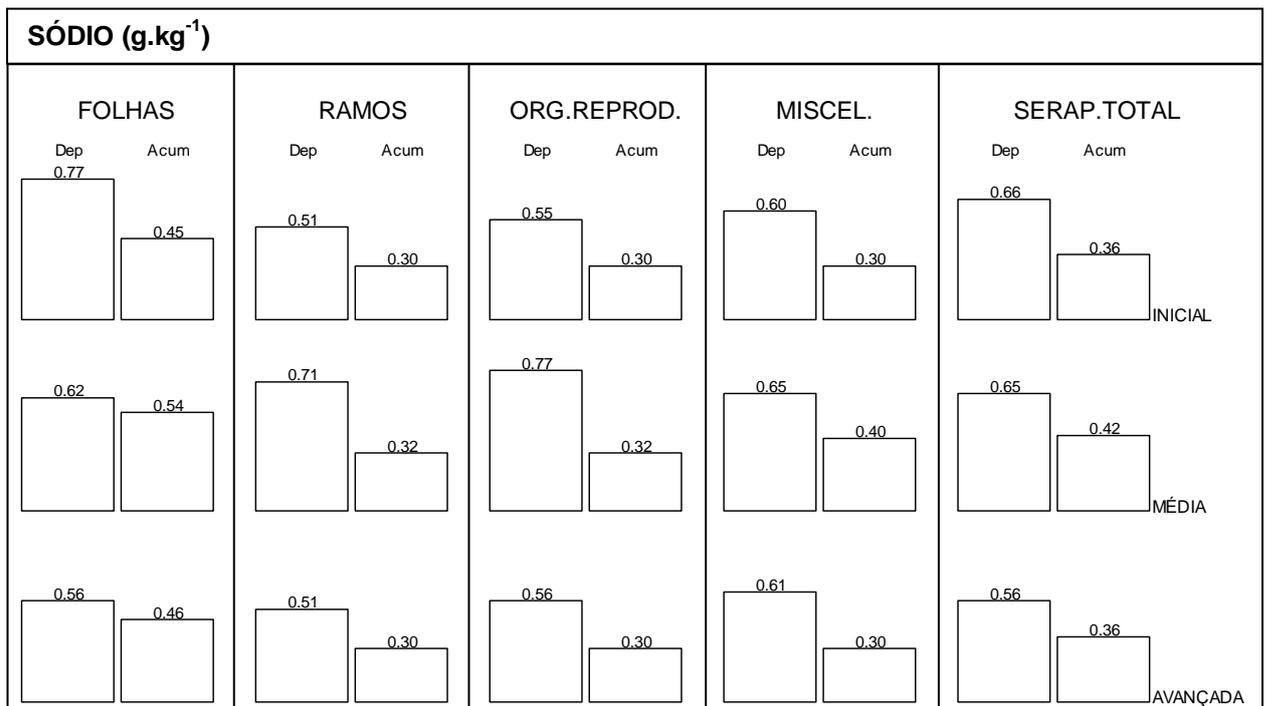


FIGURA 36 – CONCENTRAÇÃO DE NA DA SERAPILHEIRA DEPOSITADA E ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (Dep = DEPOSITADA, Acum = ACUMULADA).

A Tabela 29 mostra a relação C/N média e a concentração média de C, macronutrientes e Na da serapilheira acumulada, fazendo um comparativo entre as fases sucessionais para cada fração da serapilheira e total.

A relação C/N foi maior na fase INI (em todas as frações e serapilheira acumulada total), seguido das fases AVA e MED, as quais não apresentaram diferenças entre si. As concentrações de Ca também foram maiores na serapilheira acumulada na fase INI. Este mesmo resultado tinha sido encontrado na serapilheira depositada na fase INI, ou seja, as relações mantiveram-se mesmo após o acúmulo do material sobre o solo.

As concentrações de C e N foram maiores na fase MED, seguido da fase AVA e, por último, com as menores concentrações, ficou a fase INI. Devido às menores concentrações de N na fase INI esta apresentou a maior relação C/N.

A serapilheira da fase MED, além das maiores concentrações de C e N, também apresentou as maiores concentrações de K na miscelânea e de Mg nos órgãos reprodutivos e folhas. E a serapilheira da fase AVA destacou-se quanto à concentração de P nas folhas, ramos e serapilheira total, K nos órgãos reprodutivos e Mg nas folhas. Para os demais elementos e frações não houve diferença significativa entre as fases. Dessa forma é possível afirmar que a serapilheira acumulada nas fases MED e AVA era mais rica em nutrientes do que a serapilheira da fase INI (exceto para o Ca).

TABELA 29 – VALORES MÉDIOS¹ DE CONCENTRAÇÃO DE CARBONO, MACRONUTRIENTES E SÓDIO E RELAÇÃO C/N DA SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL), NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA (F = FOLHAS, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, PE = PENEIRA, SAT = SERAPILHEIRA ACUMULADA TOTAL).

FRAÇÃO	FASE	CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS (g.kg ⁻¹)														RELAÇÃO C/N	
		C		N		P		K		Ca		Mg		Na			
F	INI	460,0 AB ²	(1,05) ³	9,8 B	(0,47)	0,66 B	(0,03)	2,0 A	(0,27)	12,8 A	(0,99)	2,5 B	(0,08)	0,45 A	(0,04)	48,0 A	(2,17)
	MED	477,7 A	(6,44)	12,9 A	(0,35)	0,76 AB	(0,03)	1,6 A	(0,23)	4,5 C	(0,22)	3,3 A	(0,12)	0,54 A	(0,09)	37,5 B	(0,87)
	AVA	451,9 B	(8,85)	13,2 A	(0,22)	0,87 A	(0,05)	1,7 A	(0,33)	9,8 B	(0,39)	3,1 A	(0,07)	0,46 A	(0,03)	34,9 B	(0,63)
R	INI	438,4 B	(3,39)	13,2 C	(0,52)	0,35 B	(0,04)	1,2 A	(0,08)	8,0 A	(1,07)	2,2 A	(0,08)	0,30 A	(0,00)	33,4 A	(1,37)
	MED	476,4 A	(3,30)	17,5 A	(0,48)	0,45 B	(0,06)	1,2 A	(0,17)	2,8 B	(0,37)	2,2 A	(0,09)	0,30 A	(0,06)	27,2 B	(0,63)
	AVA	444,3 B	(7,55)	15,1 B	(0,35)	0,70 A	(0,00)	1,5 A	(0,11)	7,2 A	(0,62)	2,2 A	(0,09)	0,30 A	(0,00)	29,4 B	(0,63)
OR	INI	423,7 B	(10,6)	13,1 C	(0,19)	0,55 A	(0,03)	1,4 B	(0,07)	7,4 A	(0,99)	2,0 B	(0,05)	0,30 A	(0,00)	32,4 A	(0,79)
	MED	463,2 A	(5,4)	19,2 A	(0,73)	0,50 A	(0,04)	1,5 AB	(0,35)	1,7 C	(0,16)	2,4 A	(0,09)	0,32 A	(0,03)	24,2 B	(0,90)
	AVA	410,9 B	(14,9)	16,0 B	(0,48)	0,51 A	(0,10)	2,0 A	(0,26)	3,7 B	(0,56)	1,6 C	(0,14)	0,30 A	(0,00)	25,6 B	(0,37)
PE	INI	282,8 AB	(37,1)	11,5 B	(1,16)	1,07 A	(0,11)	1,0 B	(0,06)	7,3 A	(1,09)	1,9 A	(0,04)	0,30 A	(0,00)	24,4 A	(0,84)
	MED	315,3 A	(16,7)	16,0 A	(1,14)	0,83 A	(0,03)	1,4 A	(0,06)	2,2 B	(0,40)	1,9 A	(0,08)	0,40 A	(0,00)	19,8 B	(0,52)
	AVA	210,4 B	(35,8)	10,0 B	(1,23)	0,95 A	(0,10)	0,9 B	(0,05)	4,5 B	(0,61)	2,0 A	(0,08)	0,30 A	(0,00)	20,7 B	(0,92)
SAT	INI	413,0 B	(4,84)	11,5 C	(0,27)	0,66 B	(0,03)	1,5 A	(0,08)	9,7 A	(0,52)	2,2 C	(0,03)	0,36 A	(0,02)	36,0 A	(0,67)
	MED	442,1 A	(1,55)	15,7 A	(0,46)	0,66 B	(0,02)	1,5 A	(0,16)	3,1 C	(0,20)	2,6 A	(0,04)	0,42 A	(0,03)	28,2 B	(0,77)
	AVA	393,9 C	(7,80)	13,5 B	(0,12)	0,78 A	(0,02)	1,6 A	(0,10)	7,0 B	(0,36)	2,4 B	(0,03)	0,36 A	(0,01)	29,2 B	(0,34)

¹ Média obtida a partir das amostras de serapilheira acumulada (frações e total) coletadas nas quatro estações do ano 2004.

² Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher LSD ($P < 0,05$) - comparação entre fases para cada fração da serapilheira e total.

³ Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

4.2.2.2 Estoque de carbono, macronutrientes e sódio

As estimativas dos estoques de carbono, macronutrientes e sódio na serapilheira acumulada nas quatro estações do ano 2004, nas fases INI, MED e AVA são mostradas na Tabela 30.

Conforme O'Connell e Sankaran (1997), os estoques de nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) na serapilheira acumulada de florestas tropicais naturais variam de 7 a 96 de N, 0,2 a 5 de P, 1 a 16 de K, 4 a 270 de Ca e 0,7 a 14 de Mg. Neste estudo os estoques variaram de 323 a 2886 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de C, 10 a 123 de N, 0,5 a 6 de P, 1 a 11 de K, 8 a 50 de Ca, 2 a 17 de Mg e 0,25 a 3,5 de Na. Baseado nos valores indicados por aqueles autores, os maiores valores de N, P e Mg ficaram um pouco acima do limite superior e de K e Ca ficaram dentro do intervalo.

Como as concentrações dos elementos na serapilheira acumulada variaram pouco entre as estações, o padrão de estoque de nutrientes foi determinado em grande parte pelo padrão estacional do acúmulo de serapilheira. E esta observação é válida para todos os elementos determinados neste estudo.

Na fase INI os maiores estoques de nutrientes foram encontrados na primavera (folhas, ramos, miscelânea e serapilheira total) e inverno/primavera (órgãos reprodutivos). Na fase MED, no inverno/primavera (folhas e serapilheira total), outono/inverno (ramos e órgãos reprodutivos) e na primavera (miscelânea). E na fase AVA, na primavera (folhas, miscelânea e serapilheira total), no inverno (ramos), no outono e primavera (órgãos reprodutivos). Portanto, pode-se afirmar que a tendência geral foi de maiores acúmulos de nutrientes na primavera, estação na qual o acúmulo de fitomassa também foi superior às demais estações. E os menores estoques de nutrientes, em geral, ocorreram no verão (três fases).

O estoque de nutrientes na serapilheira acumulada nas três fases sucessionais, em ordem decrescente, foi o seguinte: $\text{N} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{P} > \text{Na}$. Esta seqüência foi similar à encontrada por Caldeira *et al.* (2008) em Floresta Ombrófila Densa Submontana: $\text{N} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{P}$.

Para a maior parte dos nutrientes, com exceção do potássio que retorna ao solo principalmente pelo processo de lixiviação das folhas (RANGER; MARQUES; COLIN-BELGRAND, 1997), a ciclagem biológica, representada pela queda e decomposição da serapilheira, constitui-se a principal via de retorno de nutrientes ao solo e, indiretamente, às próprias plantas.

TABELA 30 – ESTOQUE DE CARBONO, MACRONUTRIENTES E SÓDIO NA SERAPILHEIRA ACUMULADA (FRAÇÕES E TOTAL) NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO 2004, NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA.

FASE	FRAÇÃO	ESTAÇÃO	C	N	P	K	Ca	Mg	Na	
			kg.ha ⁻¹							
INICIAL	FOLHAS	Verão	94,4	2,22	0,10	0,30	2,44	0,50	0,08	
		Outono	203,3	3,74	0,27	0,94	4,95	1,11	0,21	
		Inverno	212,3	4,66	0,29	1,18	6,99	1,21	0,25	
		Primavera	302,5	6,61	0,49	1,35	8,93	1,69	0,29	
	RAMOS	Verão	86,2	2,64	0,09	0,28	1,90	0,50	0,06	
		Outono	357,3	9,68	0,23	0,81	4,71	1,72	0,24	
		Inverno	499,4	14,87	0,40	1,35	11,58	2,52	0,34	
		Primavera	970,6	32,01	0,63	2,63	14,53	4,67	0,66	
	ORG.REP.	Verão	1,5	0,05	0,00	0,00	0,02	0,01	0,00	
		Outono	3,3	0,11	0,00	0,01	0,05	0,02	0,00	
		Inverno	14,3	0,41	0,02	0,03	0,25	0,06	0,01	
		Primavera	9,8	0,30	0,01	0,02	0,23	0,05	0,01	
	MISCEL.	Verão	140,4	5,24	0,34	0,40	3,72	0,70	0,11	
		Outono	407,1	17,49	1,35	1,28	10,09	2,61	0,43	
		Inverno	432,2	18,68	2,00	1,81	9,96	4,12	0,60	
		Primavera	923,2	37,59	5,23	4,10	25,93	7,06	1,12	
	SERAP. TOTAL	Verão	322,5	10,15	0,53	0,98	8,08	1,71	0,25	
		Outono	971,0	31,02	1,85	3,04	19,8	5,46	0,88	
		Inverno	1158,2	38,62	2,71	4,37	28,78	7,91	1,20	
		Primavera	2206,1	76,51	6,36	8,10	49,62	13,47	2,08	
	MÉDIA	FOLHAS	Verão	226,6	6,19	0,41	0,66	2,35	1,53	0,19
			Outono	490,6	12,53	0,78	1,33	4,82	3,12	0,42
			Inverno	593,4	15,07	0,90	2,74	5,25	4,21	0,91
			Primavera	611,0	16,59	0,98	2,07	5,30	4,30	0,75
RAMOS		Verão	263,1	9,82	0,33	0,95	1,70	1,28	0,22	
		Outono	846,1	29,10	0,87	1,78	5,76	4,21	0,53	
		Inverno	870,9	32,49	0,63	1,80	5,86	4,05	0,36	
		Primavera	676,5	25,81	0,49	1,39	2,36	2,74	0,56	
ORG.REP.		Verão	53,5	2,43	0,05	0,13	0,17	0,29	0,03	
		Outono	88,4	3,39	0,08	0,16	0,42	0,47	0,06	
		Inverno	50,2	1,99	0,06	0,23	0,15	0,27	0,03	
		Primavera	8,5	0,36	0,01	0,04	0,03	0,04	0,01	
MISCEL.		Verão	391,0	21,16	1,00	1,42	3,62	2,30	0,44	
		Outono	1256,5	60,89	3,10	5,30	7,84	7,26	1,51	
		Inverno	1371,2	66,60	3,96	7,58	9,14	8,95	1,90	
		Primavera	1550,4	80,17	4,08	7,49	7,46	9,26	2,14	
SERAP. TOTAL		Verão	934,2	39,60	1,79	3,16	7,84	5,40	0,88	
		Outono	2681,6	105,91	4,83	8,57	18,84	15,06	2,52	
		Inverno	2885,7	116,15	5,55	12,35	20,40	17,48	3,20	
		Primavera	2846,4	122,93	5,56	10,99	15,15	16,34	3,46	
AVANÇADA		FOLHAS	Verão	154,7	4,44	0,32	0,46	3,11	0,98	0,14
			Outono	437,3	14,49	0,80	1,20	9,03	3,06	0,42
			Inverno	366,2	10,60	0,74	2,02	8,13	2,53	0,43
			Primavera	664,5	18,26	1,22	2,68	14,45	4,49	0,62
	RAMOS	Verão	167,4	5,37	0,27	0,64	2,92	0,81	0,11	
		Outono	302,1	10,71	0,50	0,85	5,54	1,50	0,21	
		Inverno	518,1	17,65	0,79	1,57	9,00	2,81	0,34	
		Primavera	432,0	14,97	0,67	1,53	5,13	2,07	0,29	
	ORG.REP.	Verão	7,9	0,32	0,01	0,05	0,11	0,04	0,01	
		Outono	25,8	1,00	0,05	0,15	0,22	0,12	0,02	
		Inverno	14,3	0,54	0,01	0,04	0,11	0,04	0,01	
		Primavera	19,0	0,75	0,02	0,08	0,12	0,07	0,01	
	MISCEL.	Verão	78,7	3,41	0,30	0,25	1,57	0,54	0,08	
		Outono	290,9	13,84	1,10	1,20	5,36	2,72	0,45	
		Inverno	272,6	14,43	1,70	1,61	7,01	3,29	0,54	
		Primavera	486,2	24,69	2,41	2,66	11,50	5,44	0,80	
	SERAP. TOTAL	Verão	408,7	13,54	0,90	1,40	7,71	2,37	0,34	
		Outono	1056,1	40,04	2,45	3,40	20,15	7,40	1,10	
		Inverno	1171,2	43,22	3,24	5,24	24,25	8,67	1,32	
		Primavera	1601,7	58,67	4,32	6,95	31,2	12,07	1,72	

4.3 DECOMPOSIÇÃO FOLIAR (LITTERBAGS)

4.3.1 Fitomassa remanescente e taxa de decomposição

Nas figuras 37 e 38 são apresentados os resultados dos ensaios de decomposição realizados com folhas de *Tibouchina pulchra* e *Sloanea guianensis*, respectivamente.

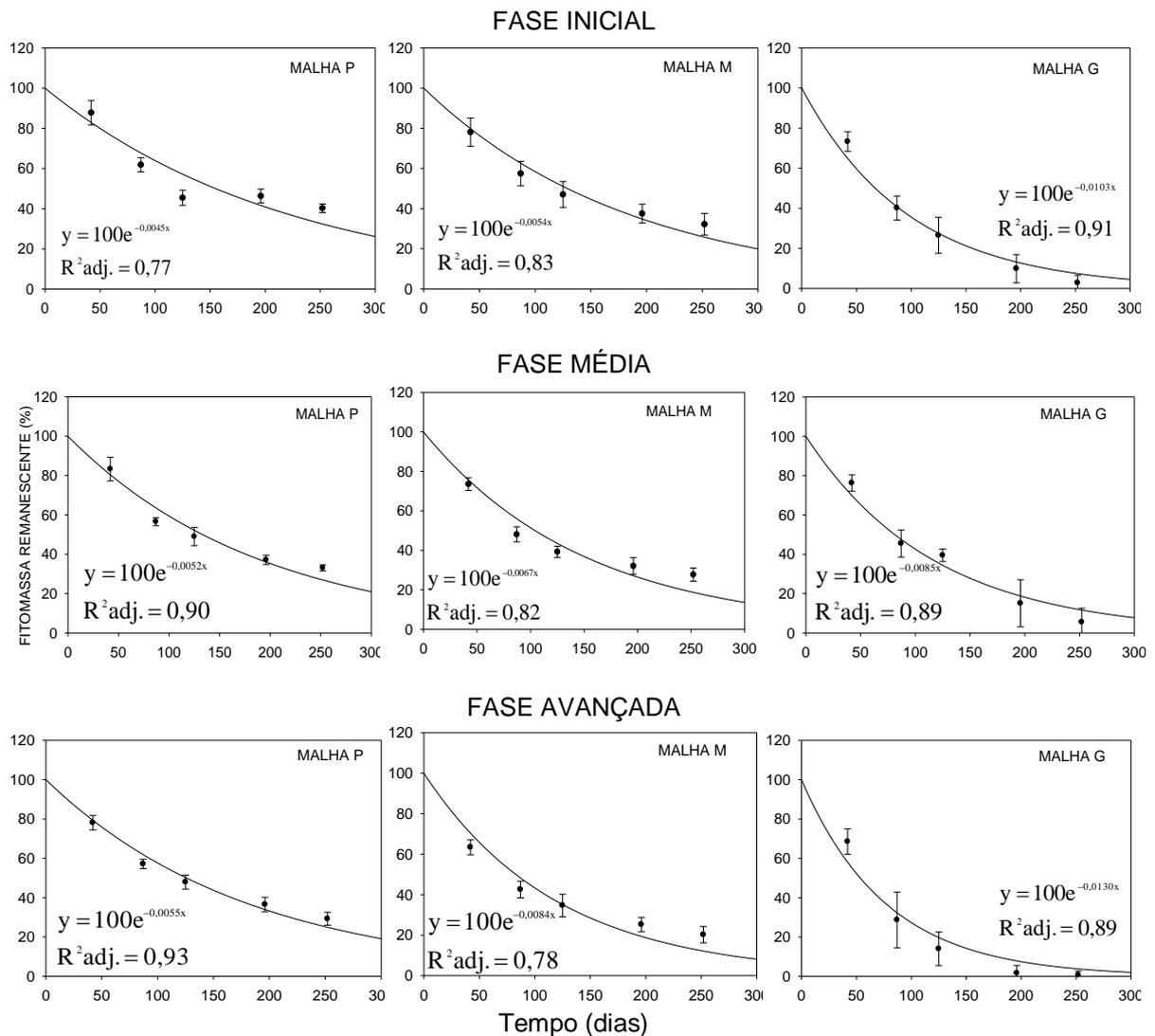


FIGURA 37 - FITOMASSA REMANESCENTE (%) DE *Tibouchina pulchra* (JACATIRÃO) NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS. AS CURVAS AJUSTADAS SÃO DERIVADAS DE REGRESSÃO COM O MODELO EXPONENCIAL. AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O ERRO PADRÃO.

Na figura 37 pode-se observar que a fitomassa remanescente de folhas da *T. pulchra*, em todas as fases e tamanhos de malha, diminuiu mais acentuadamente nos três primeiros meses do experimento, seguido de uma leve diminuição após

este período. Este comportamento foi ainda mais acentuado quando se utilizou a malha grande e na fase AVA. Ao final do experimento, a fitomassa remanescente foi em torno de 20% nas malhas pequena e média (três fases) e menos de 10% na malha grande (três fases).

A fitomassa remanescente de folhas da *S. guianensis* também diminuiu com o avanço do tempo de permanência do material em campo. Depois de transcorrido um ano do início do experimento, em torno de 60 a 70% das folhas tinham sido decompostas nas fases INI e MED e em torno de 80% na fase AVA, independente do tamanho de malha utilizado (Figura 38).

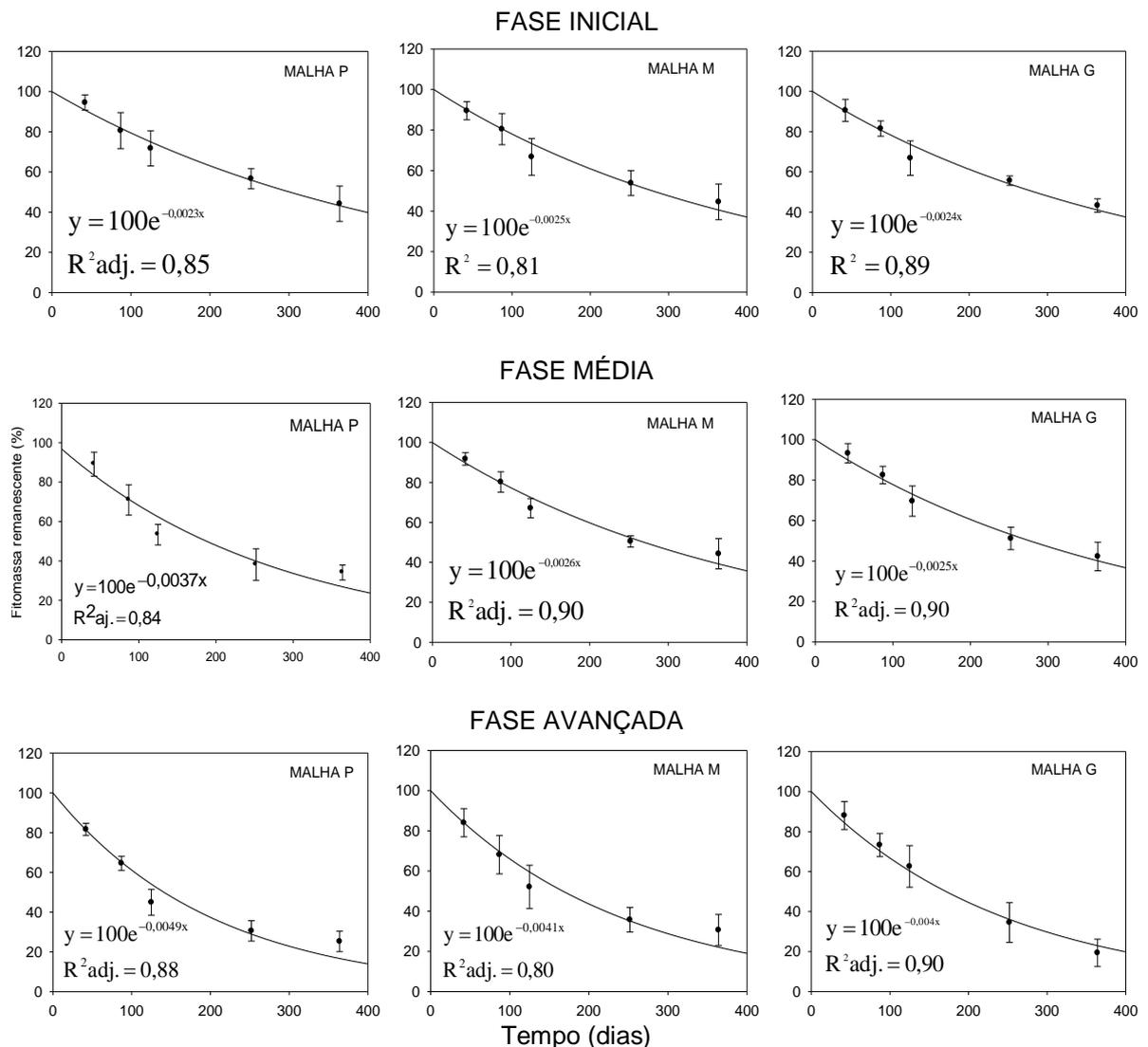


FIGURA 38 - FITOMASSA REMANESCENTE (%) DE *Slobanea guianensis* (LARANJEIRA-DO-MATO) NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS. AS CURVAS AJUSTADAS SÃO DERIVADAS DE REGRESSÃO COM O MODELO EXPONENCIAL. AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O ERRO PADRÃO.

As taxas anuais de decomposição (k) nos três tamanhos de malha e nas três fases sucessionais, são mostradas na Tabela 31. Em geral, os valores variaram de 0,84 a 4,70. As taxas de decomposição das folhas de *T. pulchra* e *S. guianensis*, independente da fase e do tamanho de malha, foram de 2,74 e 1,18, respectivamente (Figura 39a). Portanto, a decomposição foliar de *T. pulchra* foi mais que duas vezes superior à decomposição de *S. guianensis*. Na fase avançada, quando se utilizou a malha grande, levou somente 53 dias para a decomposição de 50% das folhas da *T. pulchra* e 354 dias para decomposição de 95%. Muitos estudos apontam para diferenças no padrão de decomposição das espécies vegetais (BRIONES; INESON, 1996; CHEN *et al.*, 2002; TROFYMOW *et al.*, 2002; ZINN; RESCK; SILVA, 2002; XULUC-TOLOSA *et al.*, 2003). Espécies pioneiras tendem a se decompor mais rapidamente que aquelas típicas de estádios sucessionais mais avançados ou de espécies de florestas maduras (EWEL, 1976; XULUC-TOLOSA *et al.*, 2003). As espécies das fases iniciais de sucessão, além de possuírem alto conteúdo de N e baixa relação C/N, apresentam baixos teores de lignina e de compostos fenólicos quando comparadas com as espécies de fases de sucessão mais avançadas, facilitando a sua decomposição (WHITE; HAINES; BORING, 1988; MEDINA; CUEVAS, 1989; BROWN; LUGO, 1990; GALVÃO *et al.*, 1992).

Num processo sucessional secundário as espécies pioneiras tendem a restaurar a fonte de nutrientes no sistema, o que significa que estas espécies devem possuir requerimentos nutricionais muito baixos, além de usarem mecanismos muito eficientes para a utilização dos nutrientes que se encontram em pequena quantidade no solo. As espécies pioneiras também melhoram as condições edáficas, através da produção de larga quantidade de matéria orgânica, facilitando o estabelecimento de espécies sucessionais tardias (GÓMEZ-POMPA; VÁZQUEZ-YANES, 1981).

Neste estudo, as folhas da *T. pulchra* (espécie pioneira) apresentaram menor relação C/N e maiores conteúdos de N, P, Ca, Mg e Na em relação às folhas da *S. guianensis* (espécie secundária-tardia) (Tabela 15, pág. 117), confirmando a afirmativa dos autores supra-citados.

Por outro lado, em algumas situações particulares, como de solos altamente lixiviáveis e pobres em nutrientes, pode-se observar o desenvolvimento de espécies pioneiras com características de escleromorfismo como estratégia de sobrevivência num ambiente oligotrófico. Este é o caso, por exemplo, de um trecho de Floresta

Ombrófila Densa das Terras Baixas sobre solo arenoso, pobre em nutrientes, no litoral do Paraná, estudado por Boeger e Wisniewski (2003). Estas autoras observaram que as espécies do estágio inicial da sucessão apresentaram um maior grau de esclerofilia do que as espécies dos demais estádios e atribuíram este fato às condições microclimáticas e edáficas da área. O estágio inicial apresentou dossel mais aberto (com clareiras), temperatura do ar mais elevada e umidade relativa do ar mais baixa do que nos demais estádios. Além disso, o solo possuía um maior potencial de lixiviação pela pouca cobertura da serapilheira, o que ocasionava uma decomposição mais lenta desta e uma menor retenção de nutrientes. Os autores sugeriram, ainda, que a baixa disponibilidade de nitrogênio e fósforo estariam levando à formação de folhas pequenas, compactas e com maior quantidade de tecido esclerenquimático, associadas às condições de alta temperatura e estresse hídrico sazonal.

TABELA 31 - TAXA ANUAL DE DECOMPOSIÇÃO (K) E TEMPO PARA DECOMPOSIÇÃO DE 50% ($T_{0,5}$) E 95% ($T_{0,05}$) DAS FOLHAS DE *Tibouchina pulchra* (JACATIRÃO) E *Sloanea guianensis* (LARANJEIRA-DO-MATO) NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA A AVANÇADA.

ESPÉCIE	FASE SUCESSIONAL	MALHA	k ANUAL	$T_{0,5}$ (DIAS)	$T_{0,05}$ (DIAS)
<i>Tibouchina pulchra</i>	INICIAL	P	1,6	154	1023
		M	2,0	128	853
		G	3,8	67	447
	MÉDIA	P	1,9	133	886
		M	2,4	103	687
		G	3,1	82	542
	AVANÇADA	P	2,0	126	837
		M	3,1	83	548
		G	4,7	53	354
<i>Sloanea guianensis</i>	INICIAL	P	0,84	301	2002
		M	0,91	277	1842
		G	0,88	289	1919
	MÉDIA	P	1,35	187	1245
		M	0,95	267	1771
		G	0,91	277	1842
	AVANÇADA	P	1,79	141	940
		M	1,50	169	1123
		G	1,46	173	1151

No geral, as taxas de decomposição não diferiram estatisticamente entre as fases INI e MED (1,67 e 1,78, respectivamente), porém diferiram entre estas e a fase AVA (2,43) (Figura 39b).

Considerando o efeito do tamanho de malha, observou-se que para a *T. pulchra* a maior taxa de decomposição ocorreu com o material confinado na malha grande (3,87) e as menores com as malhas média (2,49) e pequena (1,85), ou seja, a exclusão da macro- e mesofauna (malha média) e da macro-, meso- e microfauna (malha pequena) teve um efeito significativo nas taxas de decomposição foliar desta espécie (Figura 39d). Este resultado sugere uma forte interação da fauna de solo com a microflora (bactérias e fungos) atuante no processo de decomposição e que a redução da “complexidade” desta comunidade decompositora (através da exclusão de organismos) pode retardar o processo de decomposição. As taxas de decomposição são fortemente influenciadas pela atividade da fauna (HÖFER *et al.*, 2001; BROWN *et al.*, 2006). Nas parcelas de estudo do presente trabalho, durante um levantamento de oligoquetas (minhocas) foi identificada uma biomassa de 214,4 indivíduos.m⁻² na fase INI, 72,0 na fase MED e 246,4 na fase AVA, sendo que mais de 90% de todas as minhocas capturadas pertenceu à espécie peregrina *Pontoscolex corethurus* (Glossocolecidae). A biomassa desta espécie correlacionou-se estreitamente ($R^2 = 0,77$) com as taxas de decomposição da *T. pulchra* na malha

grande. Uma análise de regressão múltipla mostrou a maior contribuição das minhocas (beta = 1,33) e muito menor dos artrópodes decompositores (0,53) e formigas (-0,51) para um modelo linear ($R^2 = 0,97$, $p < 0,005$) explicando a velocidade de decomposição (SCHMIDT *et al.*, 2008).

Como a comunidade de artrópodes não diferiu entre as fases, mas a biomassa de minhocas foi menor na fase MED (em torno de 3 vezes inferior), é provável que as minhocas tenham ocasionado efeitos diretos e indiretos na diminuição da velocidade de decomposição das folhas de *T. pulchra* nesta fase. Um efeito indireto pode ter sido, por exemplo, o de menor trituração das folhas (comminution), diminuindo a área superficial para a colonização pelos microorganismos e um efeito direto, o de menor remoção de partes das folhas para fora dos litterbags. Sobre este aspecto é importante fazer duas ressalvas: 1. a taxa de decomposição medida nos litterbags de malha grande pode não revelar a real mineralização do material, mas somente sua remoção de dentro dos sacos e transporte para outros locais na serapilheira e/ou solo (HUHTA, 2007); 2. embora obviamente aumente a taxa de decomposição, o valor da espécie *P. corethurus* nestas florestas em regeneração ainda não é certa (SCHMIDT *et al.*, 2008).

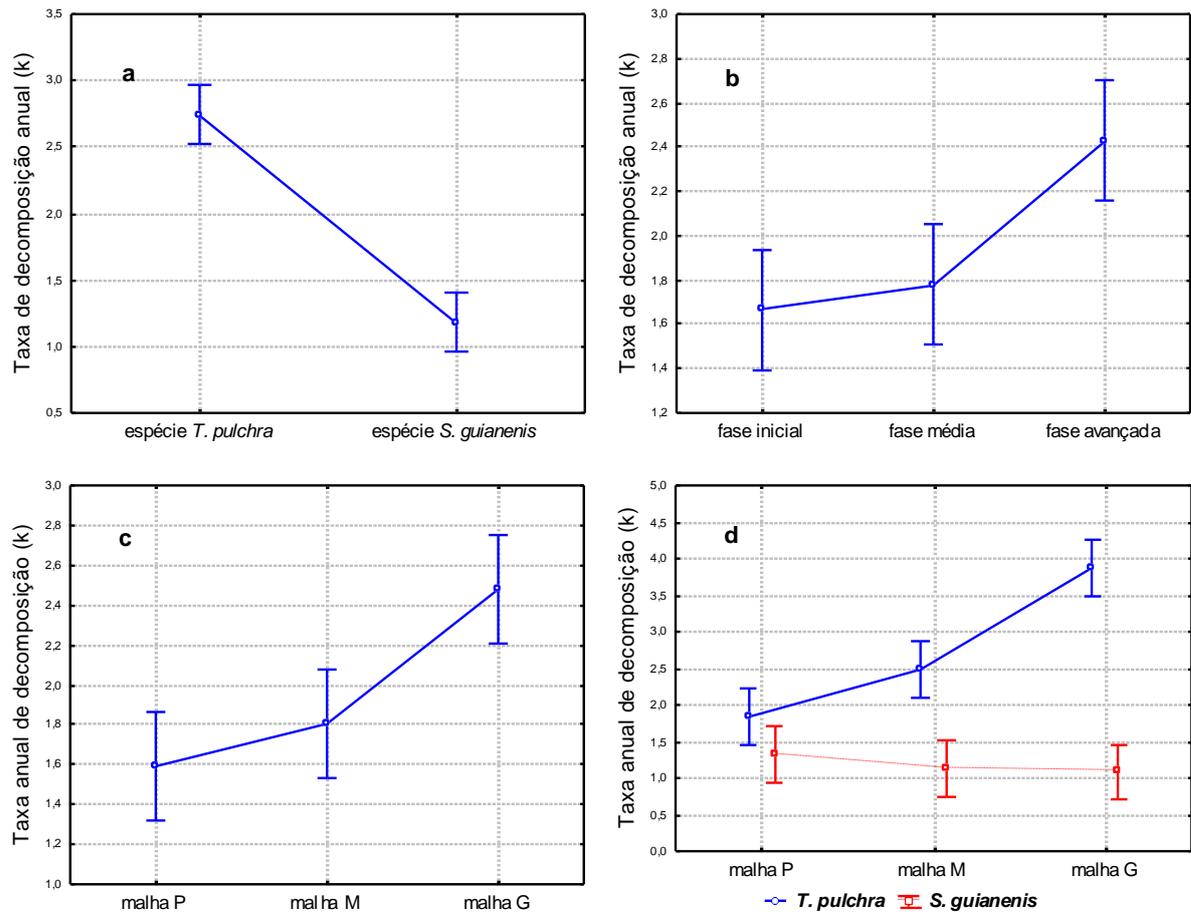


FIGURA 39 - TAXA ANUAL DE DECOMPOSIÇÃO DAS FOLHAS DE *Tibouchina pulchra* (JACATIRÃO) E *Sloanea guianensis* (LARANJEIRA-DO-MATO): EFEITO DAS ESPÉCIES (A), EFEITO DAS FASES (B), EFEITO DO TAMANHO DE MALHA DO LITTERBAG (C) E INTERAÇÃO ESPÉCIE X MALHA (D). AS BARRAS VERTICAIS INDICAM O INTERVALO DE CONFIANÇA DE 95%.

Estas considerações só podem ser feitas para as folhas de *T. pulchra*, pois para as folhas de *S. guianensis* não se observou efeito do tamanho de malha nas taxas de decomposição (Figura 39d), as quais foram menores e não diferiram entre si. Este fato sugere que as folhas de *S. guianensis* não são palatáveis ou pelo menos não atrativas para a macrofauna do solo e isto pode ser devido à existência de substâncias recalcitrantes e/ou certo grau de esclerofilia nas folhas. Segundo Boeger e Wisniewski (2003), apesar da controvérsia sobre o termo esclerofilia, que no senso estrito significa “folhas duras” (ROTH, 1984), o conceito mais aceito (ou pelo menos mais utilizado) é aquele que relaciona plantas esclerofilas com deficiências hídricas sazonais, baixos teores de nutrientes no solo, defesa contra herbivoria ou mecanismos de proteção da longevidade das folhas, aumentando assim o carbono foliar por unidade de investimento (EDWARDS; READ; SANSON, 2000).

Em estudo morfo-anatômico das folhas de *S. guianensis* observou-se que esta espécie não é esclerófila e sim mesófila (IE = 0,0035). Rizzini (1976), citado por Boeger e Wisniewski (2003), definiu que plantas esclerofilas apresentam IE (índice de esclerofilia) > 0,6 e plantas mesófilas IE < 0,6. Porém, mesmo não sendo esclerófila, esta espécie apresenta tecido esclerenquimático (rico em lignina) em abundância (feixes vasculares delimitados por tecido esclerenquimático com extensão de bainha) (dados não publicados). Esse tecido confere às folhas uma maior dureza, o que reflete na sua textura e aumenta a espessura da folhas (TANNER; KAPO, 1982²³, citados por BOEGER; WISNIEWSKI, 2003), além das maiores quantidades de lignina, retardando o processo de decomposição (WEBSTER; BENFIELD, 1986).

As taxas de decomposição das folhas de *S. guianensis* foram ligeiramente superiores nos litterbags de malha pequena em relação às malhas média e grande. É provável a malha pequena tenha propiciado um microclima mais favorável aos fungos e bactérias decompositores do que as demais malhas, favorecendo o aumento da taxa de decomposição, principalmente nas fases MED e AVA (Tabela 31).

Desse modo, mais de um fator deve ter atuado no processo de decomposição para diminuir as taxas nas malhas menores em relação à malha maior. Os principais fatores são: 1. restrição da ação direta (fragmentação, consumo, transporte) e indireta (relações simbióticas) da meso- e macrofauna; 2. diminuição da lixiviação inicial de compostos solúveis na malha mais fechada; 3. formação de microclima menos favorável ao desenvolvimento e ação dos microorganismos saprófagos. Os fatores 2 e 3 estão ligados ao “efeito de malha”, investigado e discutido por BRADFORD *et al.* (2002) em experimento com decomposição de folhas de *Agrostis capillaris* utilizando litterbags de diferentes malhas. Portanto, a diminuição da decomposição do presente estudo parece consequência tanto da exclusão da fauna quanto do efeito do tamanho de malha.

²³ TANNER, E.V.J.; KAPO, V. Leaf structure of Jamaican montane rain-forest trees. **Biotropica**, v.14, p.16-24, 1982.

4.3.2 Dinâmica dos nutrientes

Na análise da dinâmica dos nutrientes e da relação C/N das folhas em decomposição de *T. pulchra* foram considerados os seguintes períodos de coleta: 42, 87, 125 e 196 dias. A última coleta, realizada aos 252 dias, não foi utilizada porque não havia material suficiente para as determinações químicas, principalmente nas amostras da fase AVA e da malha grande, onde a decomposição foi mais rápida. Para as folhas de *S. guianensis* este problema não ocorreu, permitindo a determinação química em todos os períodos de coleta (42, 87, 125, 252 e 364 dias).

4.3.2.1 Nitrogênio

A Figura 40 apresenta a variação da concentração e da porcentagem do conteúdo inicial de N nas folhas de *T. pulchra* nas três malhas e fases. Ao longo de 196 dias, a concentração de N variou entre 23 e 26 g.kg⁻¹ na fase INI e entre 21 e 28 g.kg⁻¹ nas fases MED e AVA. Em todas as malhas e fases ocorreu um aumento acentuado na concentração de N nos primeiros 42 dias e uma diminuição após este período. Por outro lado, como os conteúdos de carbono sempre diminuiram ao longo do tempo (perda de peso), as mudanças nas concentrações de N foram as responsáveis pela variação na relação C/N (apresentada mais adiante).

Em geral, o conteúdo de N diminuiu ao longo do tempo em todas as malhas e fases, porém esta diminuição foi menor na malha P (todas as fases), indicando uma menor liberação do elemento quando se utilizou este tamanho de malha em relação aos demais.

As concentrações finais de N aumentaram, em média, apenas 5,5% em relação à concentração inicial nas fases INI e MED. Na fase AVA houve uma pequena diminuição da concentração final (em média 3,8%) (Tabela 32).

Na Figura 41 observa-se a dinâmica da concentração e da porcentagem do conteúdo inicial de N nas folhas de *Sloanea guianensis*, nas três malhas e fases. A concentração aumentou e diminuiu ao longo do tempo, sem um padrão definido, porém a concentração final em geral foi superior à concentração inicial. Este aumento foi mais acentuado nas fases INI e MED, onde a concentração final

aumentou em média 23%, em contraste com o aumento de apenas 7,5% na fase AVA (Tabela 33).

Com relação às porcentagens do conteúdo inicial de N, houve um aumento no início do período, chegando a 120%. Porém, após este período inicial, as porcentagens diminuíram consideravelmente, chegando a menos de 40% nas malhas pequena e grande da fase AVA.

É bastante comum o aumento na concentração do nitrogênio em folhas em decomposição, devido à adição via precipitação atmosférica, à atividade de microrganismos que fixam nitrogênio da atmosfera enquanto utilizam uma fonte de carboidrato da serapilheira, à concentração de compostos orgânicos produzidos, liberados e/ou excretados pelos microrganismos decompositores ou por contaminação via queda de materiais de origem animal e vegetal (GOSZ; LIKENS; BORMANN, 1973; EPSTEIN, 1975; MASON, 1980; ABER; MELLILO, 1982; VITOUSEK; SANDFORD, 1986; STRUFFALDI-DE VUONO; DOMINGOS; LOPES, 1989; THOMPSON; VITOUSEK, 1997). A presença de proteínas nos corpos dos microrganismos 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 no material (LUIZÃO, 1982). Segundo Coleman e Crossley (1996), em algumas florestas o período de aumento de nitrogênio pode se estender durante dois anos ou mais.

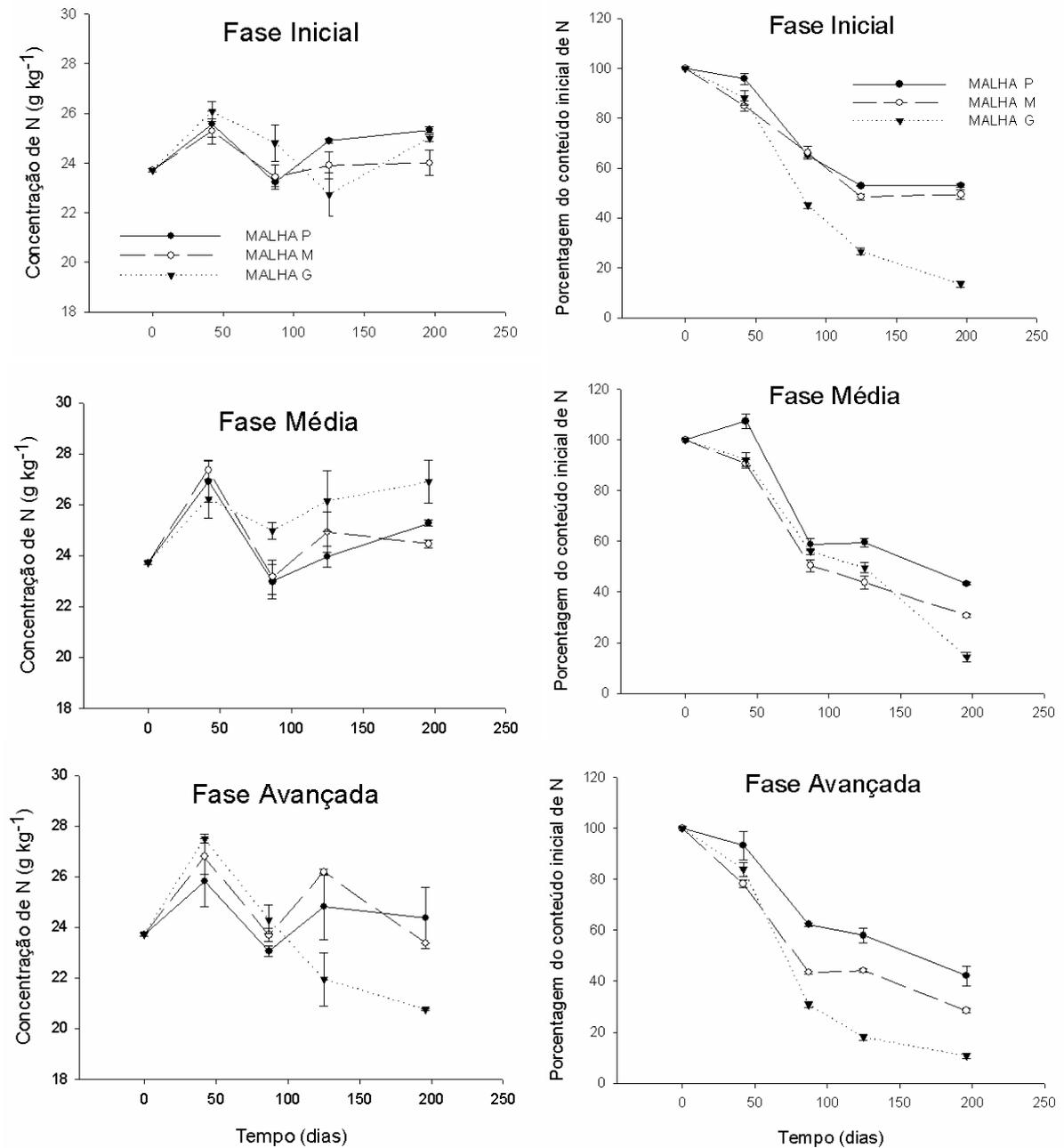


FIGURA 40 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE NITROGÊNIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE NITROGÊNIO NAS FOLHAS DE *Tibouchina pulchra* NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.

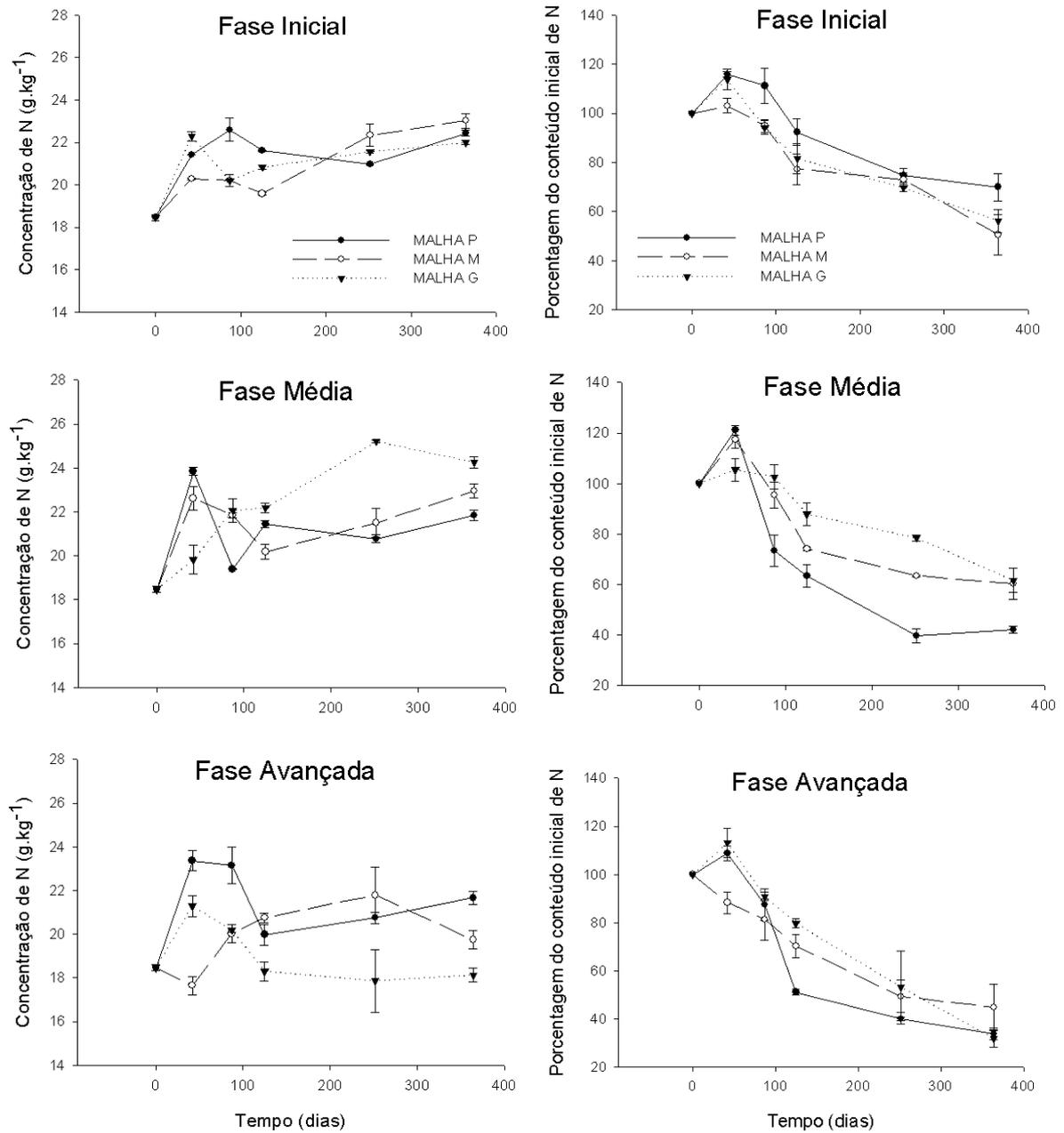


FIGURA 41 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE NITRÔGENO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE NITRÔGENO NAS FOLHAS DE *Sloanea guianensis* NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.

4.3.2.2 Fósforo

A concentração de P nas folhas de *T. pulchra* (Figura 42) não mostrou nenhuma tendência clara, aumentando e diminuindo durante todo o período. O único resultado que se repetiu foi uma diminuição na concentração de P de 42 para 87 dias, seguida de aumento até os 125 dias (fases MED e AVA, três malhas).

Em geral, as concentrações finais de P foram maiores do que as concentrações iniciais e não houve diferença entre as fases. Houve diferença estatística significativa entre as malhas, sendo que as concentrações finais de P foram maiores nas malhas média e grande e menores na malha pequena (Tabela 32). Da mesma forma como observado para o N, o aumento nas concentrações de P ao longo do tempo é devido, principalmente, ao efeito de concentração do elemento pela diminuição da fitomassa e à atividade de microorganismos, podendo haver também contaminação do material com outras fontes contendo fósforo. De acordo com Swift, Heal e Anderson (1979), este aumento nas concentrações dos elementos em materiais vegetais em decomposição é comum acontecer quando o elemento é fator limitante para as necessidades metabólicas da biota decompositora.

O conteúdo de P diminuiu ao longo do tempo em todas as malhas e fases. No início do experimento esta diminuição não foi muito marcante, sendo até mesmo estável em alguns casos (fase MED). Depois do primeiro período de coleta (42 dias), a liberação do P foi maior, restando menos de 20% do conteúdo inicial (malha grande, três fases).

A dinâmica do P nas folhas da *S. guianensis* (Figura 48) foi muito similar em todos os tratamentos: as concentrações de P aumentaram nos primeiros 42 dias na malha pequena nas três fases e diminuíram após este período. Nas demais malhas as concentrações diminuíram no início e depois aumentaram em direção ao final do experimento, porém não atingindo valores maiores que os iniciais. As concentrações finais ficaram 29, 21 e 13% maiores em relação à concentração inicial nas fases INI, MED e AVA, respectivamente.

As concentrações e o conteúdo de P seguiram aproximadamente o mesmo padrão ao longo do tempo. Conforme a concentração aumentou, o conteúdo também aumentou. Quando este comportamento não foi observado foi porque houve uma maior perda de peso das folhas no período em questão. Na fase INI, este comportamento foi observado no último período do experimento.

O comportamento do P descrito na literatura também é muito diversificado e depende, segundo alguns autores, da sua concentração inicial e disponibilidade no solo (ATTIWILL, 1968; BENHARD-REVERSAT, 1972; GOSZ; LIKENS; BORMANN, 1973). A entrada de raízes finas nos litterbags e a liberação de exsudatos por estas podem também ter contribuído para a contaminação de P. Este fato foi observado por Wisniewsk *et al.* (1997) em florestas secundárias em área de restinga.

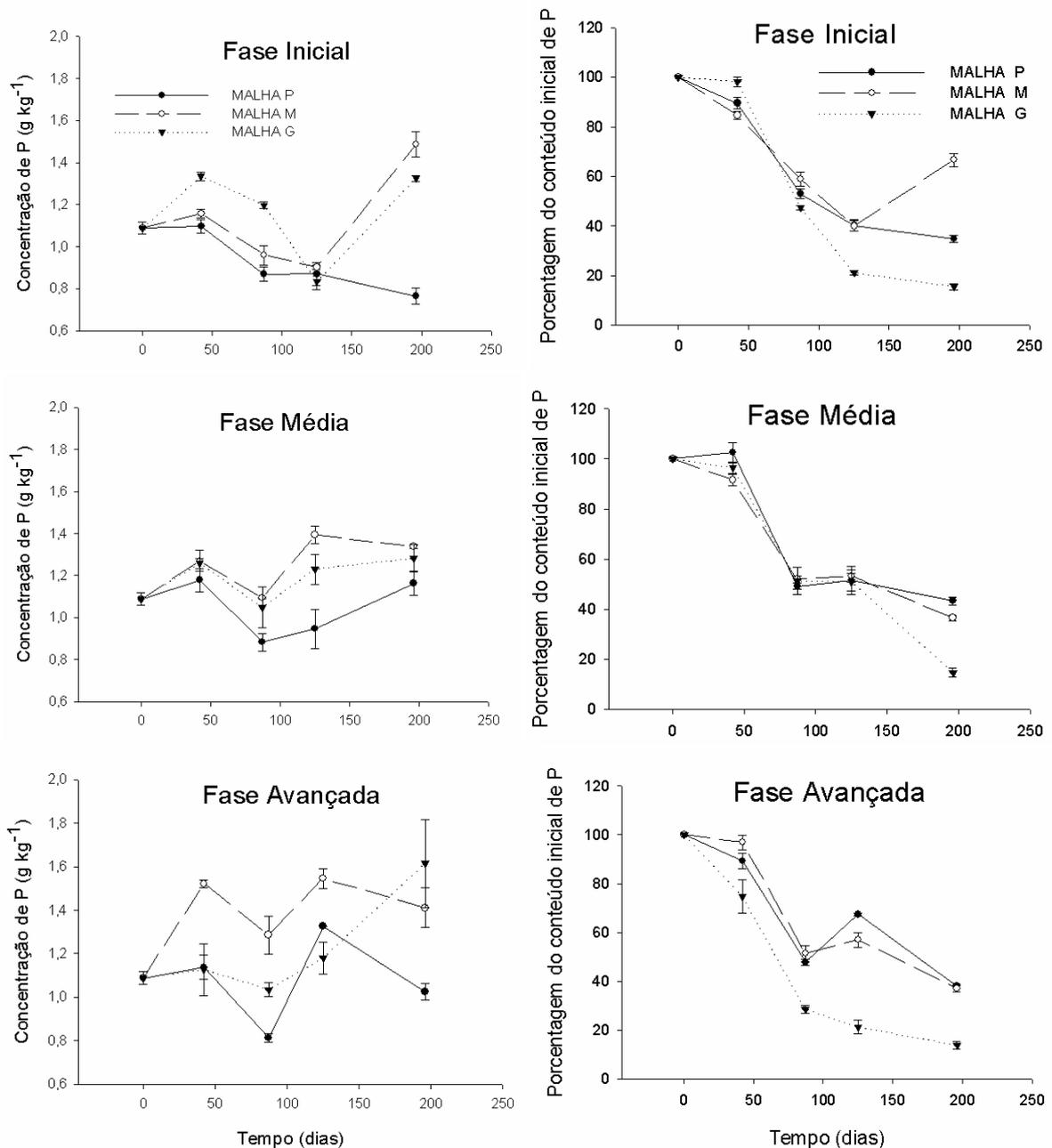


FIGURA 42 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE FÓSFORO NAS FOLHAS DE *Tibouchina pulchra* NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.

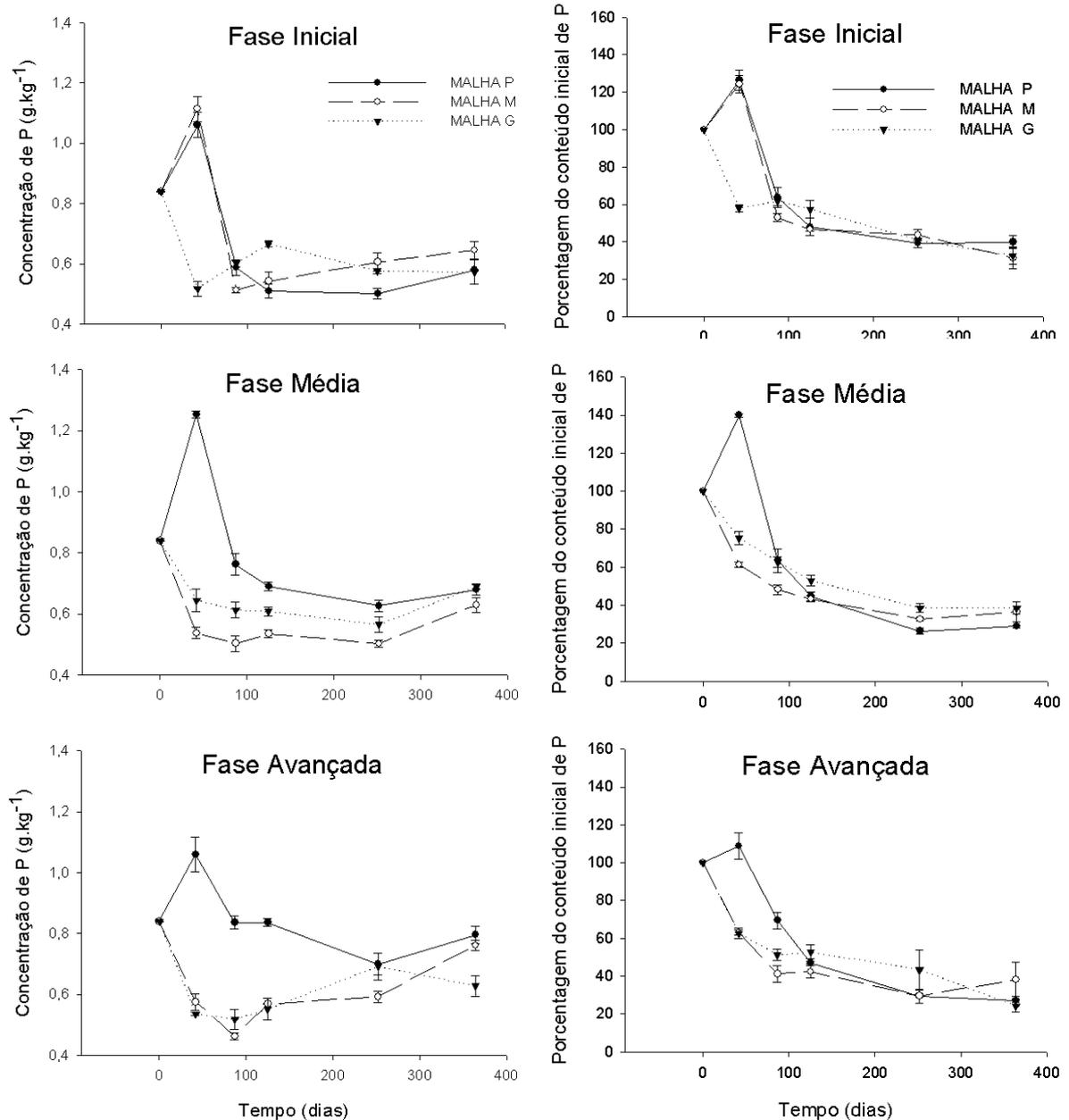


FIGURA 43 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE FÓSFORO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE FÓSFORO NAS FOLHAS DE *Sloanea guianensis* NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.

4.3.2.3 Potássio

As concentrações e porcentagens de K nas folhas de *T. pulchra* (Figura 44) e nas folhas de *S. guianensis* (Figura 45) mostraram resultado similar ao longo do tempo, ou seja, uma diminuição acentuada nos três primeiros meses (87 dias) e menos acentuada após este período. E este comportamento foi similar para todas as malhas e fases sucessionais. Após os três primeiros meses, a porcentagem do conteúdo inicial de K era, em média, de apenas 13 a 8% nas folhas da *T. pulchra* e de 25 a 10% nas folhas de *S. guianensis*. Meguro, Vinueza e Delitti (1980) encontraram valores de perda de peso deste elemento entre 30 e 90% em três meses.

O potássio é um elemento muito móvel nas plantas (KOLM; POGGIANI, 2003) e, como não é um elemento estrutural, é facilmente lixiviado dos tecidos vegetais (COLEMAN; CROSSLEY, 1996). De acordo com Struffaldi-de Vuono, Domingos e Lopes (1989), além de ser altamente lixiviável, o K normalmente se apresenta em excesso na serapilheira em relação à demanda microbiana, produzindo uma curva acentuadamente decrescente em suas concentrações ao longo da decomposição.

Diversos autores têm relatado maiores perdas de K no início do processo de decomposição devido à maior lixiviação a que está sujeito este elemento (LUIZÃO; SCHUBART, 1986; WISNIEWSKI *et al.*, 1997; PIRES, 2000; AIDAR; JOLY, 2003; MARTINS, 2004; SCHEER, 2006; SOUTO, 2006).

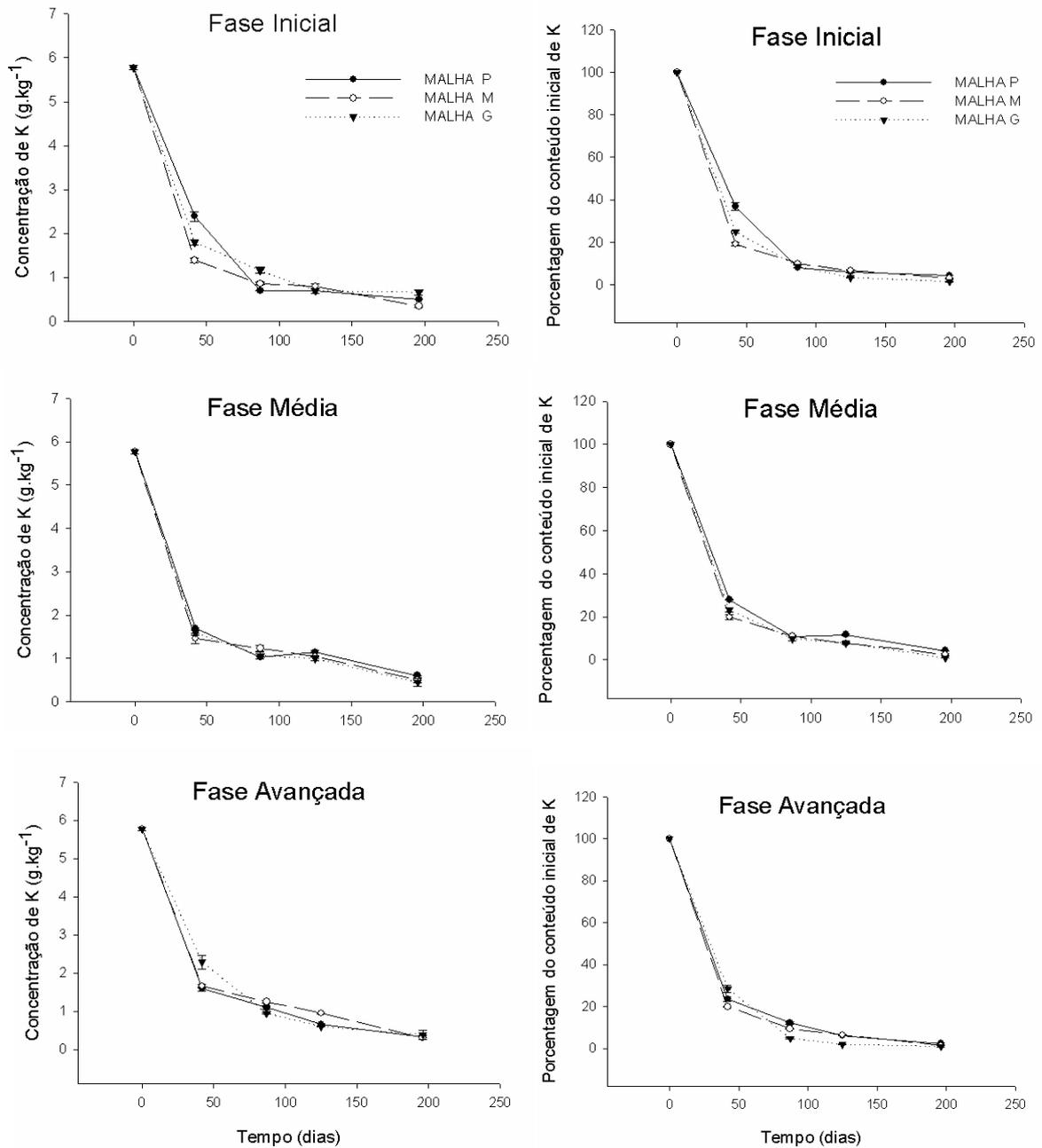


FIGURA 44 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE POTÁSSIO NAS FOLHAS DE *Tibouchina pulchra* NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.

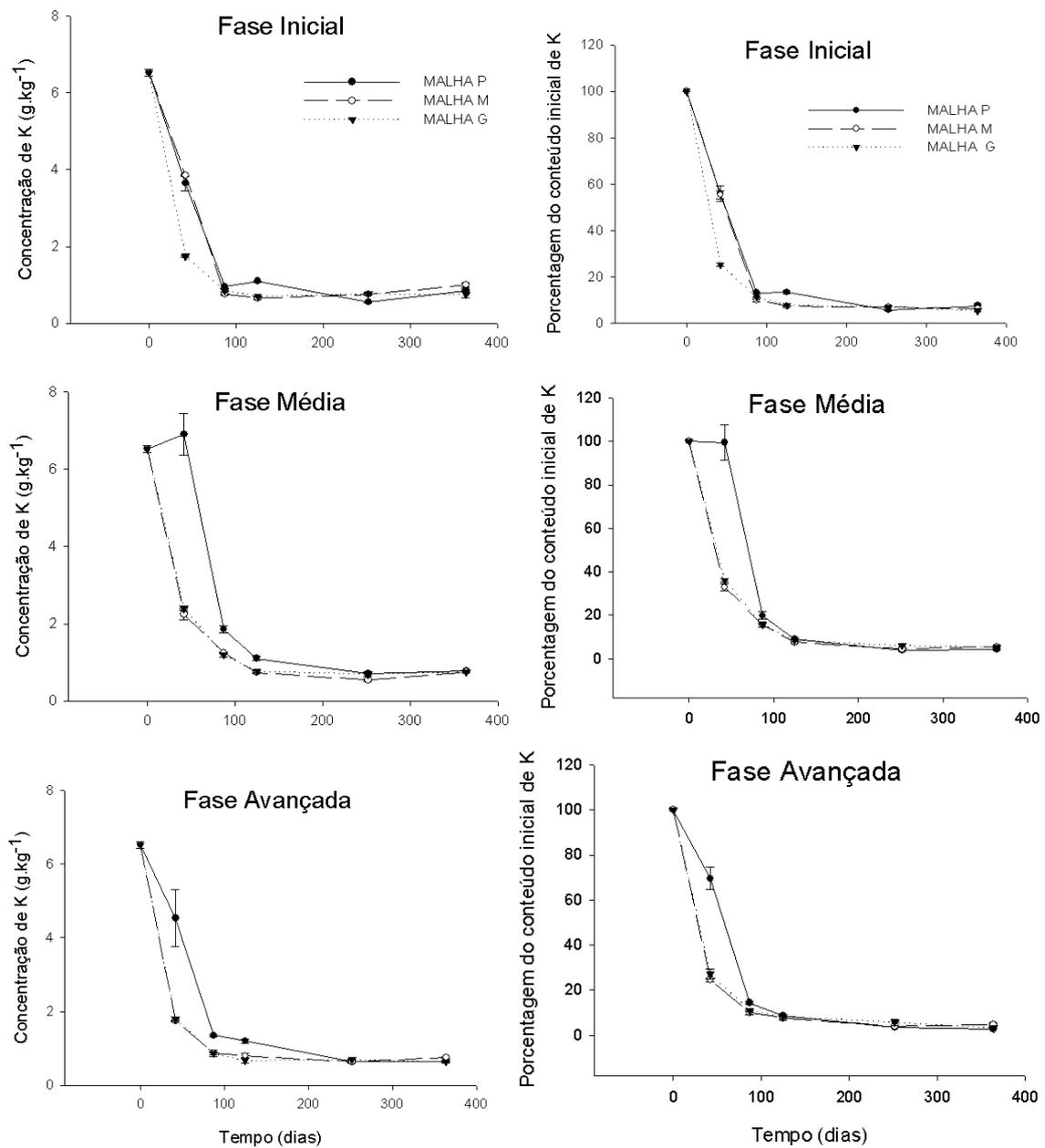


FIGURA 45 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE POTÁSSIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE POTÁSSIO NAS FOLHAS DE *Sloanea guianensis* NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.

4.3.2.4 Cálcio

A concentração de Ca nas folhas de *T. pulchra* (Figura 46) apresentou um comportamento semelhante nas três fases, ou seja, expressivo aumento até os 42 dias. Porém, enquanto nas fases MED e AVA a concentração diminuiu após os 42 dias, na fase INI houve um contínuo aumento nesta concentração até o final do experimento. As menores concentrações ocorreram na malha pequena nas três fases. As concentrações finais deste elemento foram bastante superiores à concentração inicial (216, 108 e 102% superiores, respectivamente, nas fases INI, MED e AVA).

As porcentagens do conteúdo inicial de Ca mostraram um aumento acentuado (acima de 200%) nos primeiros 42 dias e uma diminuição após este período. A liberação do Ca foi maior na malha grande.

Com relação ao cálcio das folhas de *S. guianensis* (Figura 52), as concentrações e porcentagens mostraram um comportamento similar ao longo do tempo. No início do período, para a maioria das malhas e fases, observou-se um aumento deste elemento até os 42 dias e posteriormente uma diminuição até os 87 dias. Na fase AVA (malha pequena), houve um aumento na porcentagem do conteúdo inicial de Ca de 350% no início do experimento. Ao final do experimento, as concentrações variaram bastante nas diferentes malhas e fases (Tabela 33), com destaque para a concentração final de Ca na malha grande das fases INI e MED, as quais foram 110 e 52% superiores à concentração inicial, respectivamente. Este aumento nas concentrações de Ca também foi relatado por Pires (2000), em estudo de ciclagem de nutrientes em restinga. O aumento nas concentrações finais de Ca sugere que a decomposição da matéria orgânica é a responsável pela maior perda deste elemento (GOSZ; LIKENS; BORMANN, 1973).

A elevação do conteúdo de Ca no material em decomposição pode ser explicada pelo fato deste ser um elemento estrutural da lamela média das células vegetais (LARCHER, 1986), pouco ou nada afetado pela lixiviação inicial e pelo ataque dos microorganismos decompositores (LUIZÃO; SCHUBART, 1986; SANTOS, 1989). Dessa forma, o Ca é retido até que se inicie a decomposição das paredes celulares (ATTIWILL, 1986), ocorrendo um efeito de concentração do elemento conforme o material vegetal vai sendo decomposto. Outro fator que pode contribuir também para o aumento na concentração de Ca é a absorção acentuada

deste elemento por hifas de fungos presentes no material em decomposição (STRUFFALDI-DE VUONO; DOMINGOS; LOPES, 1989).

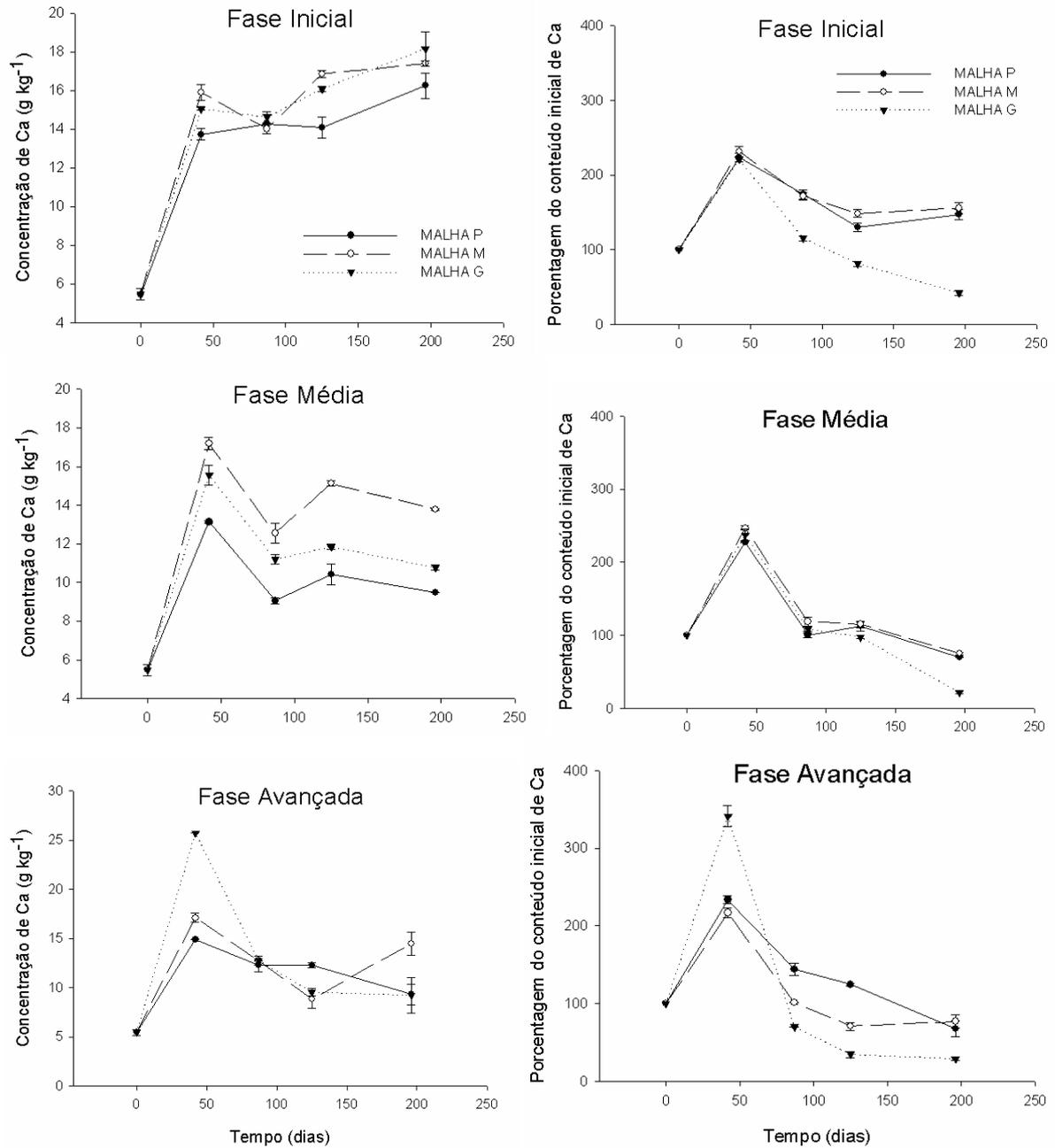


FIGURA 46 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE CÁLCIO NAS FOLHAS DE *Tibouchina pulchra* NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS TRÊS FASES DE REGENERAÇÃO DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.

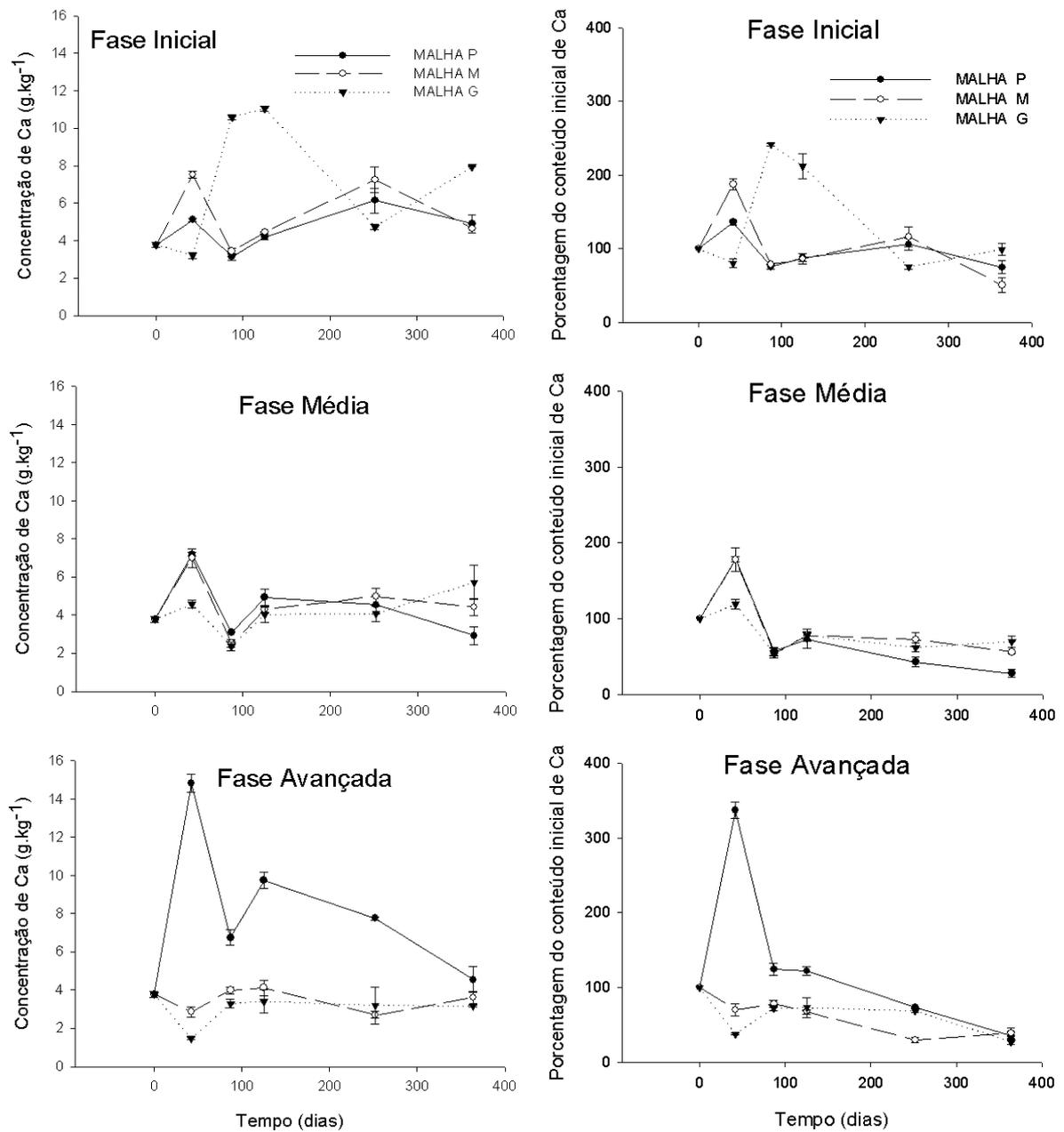


FIGURA 47 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE CÁLCIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE CÁLCIO NAS FOLHAS DE *Sloanea guianensis* NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.

4.3.2.5 Magnésio

As concentrações e porcentagens de Mg nas folhas de *T. pulchra* (Figura 48) variaram ao longo do tempo e em geral foram de 33 a 81% inferiores à concentração inicial, sendo as menores concentrações encontradas na fase AVA.

As concentrações de Mg nas folhas de *S. guianensis* (Figura 49), na fase INI, aumentaram em torno de 300% nas malhas pequena e média. Após os 42 dias iniciais, todos os valores diminuíram para menos de 100% do conteúdo inicial.

Nas fases MED e AVA, as concentrações de Mg também aumentaram no início do experimento, porém estes aumentos foram consideravelmente menores que os observados na fase INI, chegando no máximo a 170%. Após os primeiros 42 dias as concentrações e porcentagens de Mg também diminuíram em todas as malhas.

Os resultados encontrados na literatura sobre a liberação do Mg são muito variados, refletindo as diferentes composições químicas dos substratos (BABBAR; EWEL, 1989). Cuevas e Medina (1988) salientaram a pouca mobilidade e certa retenção deste elemento e observaram que a aderência de raízes finas no material em decomposição acelera a liberação de Mg, sugerindo que o mecanismo de sua liberação é mediado por estas raízes e/ou microorganismos associados. Por outro lado, alguns estudos têm relatado uma elevada lixiviação deste elemento (MEGURO; VINUEZA; DELITTI, 1980; LUIZÃO; SCHUBART, 1987; REBELO, 1994). O Mg é um dos elementos constituintes da clorofila (LARCHER, 1986), sendo que mais de 70% deste elemento fica na forma solúvel (MENGEL; KIRKBY, 1987), o que poderia explicar sua lixiviação dos tecidos vegetais.

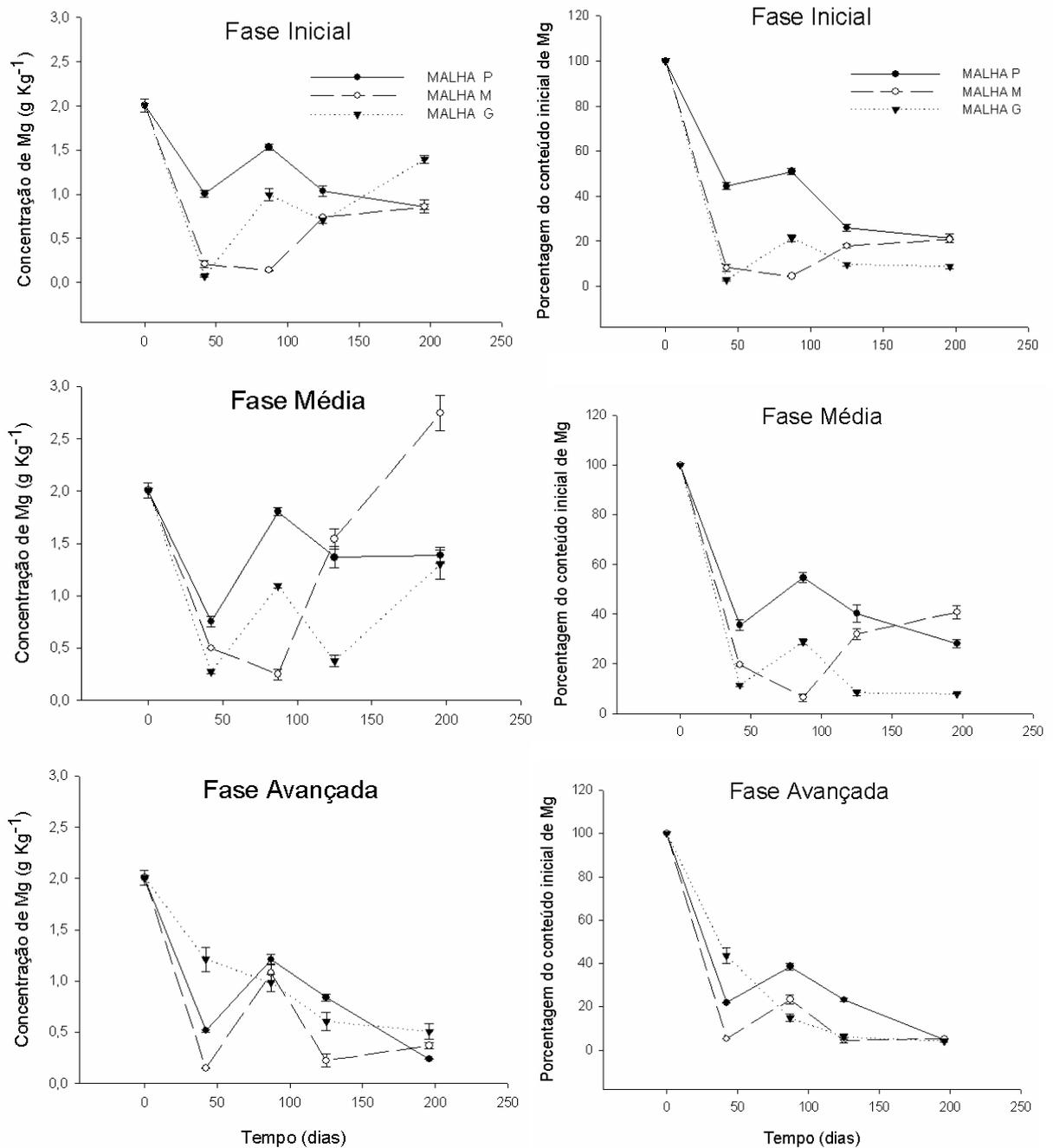


FIGURA 48 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE MAGNÉSIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE MAGNÉSIO NAS FOLHAS DE *Tibouchina pulchra* NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCCESIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.

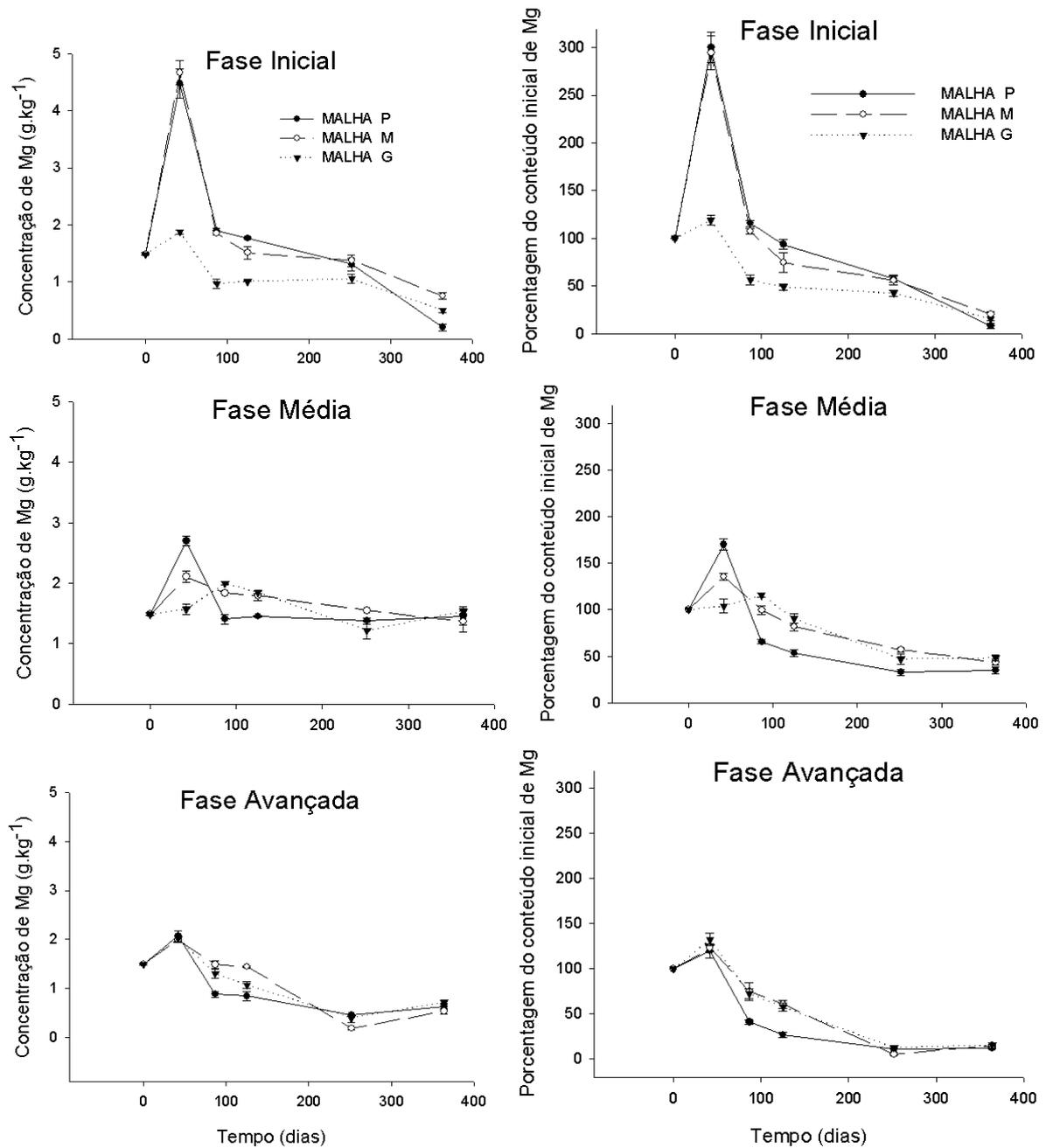


FIGURA 49 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE MAGNÉSIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE MAGNÉSIO NAS FOLHAS DE *Sloanea guianensis* NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.

4.3.2.6 Sódio

A concentração e o conteúdo de Na nas folhas da *T. pulchra*, em todas as malhas e fases (Figura 50), diminuíram drasticamente no início do período de decomposição, restando menos de 10% do conteúdo original. Após este período inicial os valores passaram a variar de forma bastante estável até o final do experimento.

A dinâmica do Na nas folhas da *S. guianensis* (Figura 51), na fase INI, foi muito similar do início do experimento até os quatro meses (125 dias), onde os conteúdos aumentaram acima de 100% nas malhas pequena e média; na malha grande os conteúdos de Na não aumentaram no primeiro período. Na fase MED, o aumento nos conteúdos de Na ocorreu somente na malha pequena.

As concentrações finais de Na ficaram, em média, 51% menores do que a concentração inicial. O sódio, por ser um elemento solúvel e não estrutural, à semelhança do K, é também facilmente lixiviado dos tecidos vegetais.

Os elementos que apresentam taxa de desaparecimento igual ou menor do que a fitomassa são liberados, principalmente, através da decomposição, e aqueles que apresentam perdas maiores que a fitomassa são liberados, principalmente, através da lixiviação (GOSZ; LIKENS; BORMANN, 1973; SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979). Berg e Staff (1980), sugeriram, também, que os elementos limitantes para o crescimento microbiano são geralmente retidos ou acumulados a uma concentração mínima e posteriormente liberados à mesma taxa de perda de matéria orgânica, enquanto os elementos não limitantes são liberados ao longo de todo o processo.

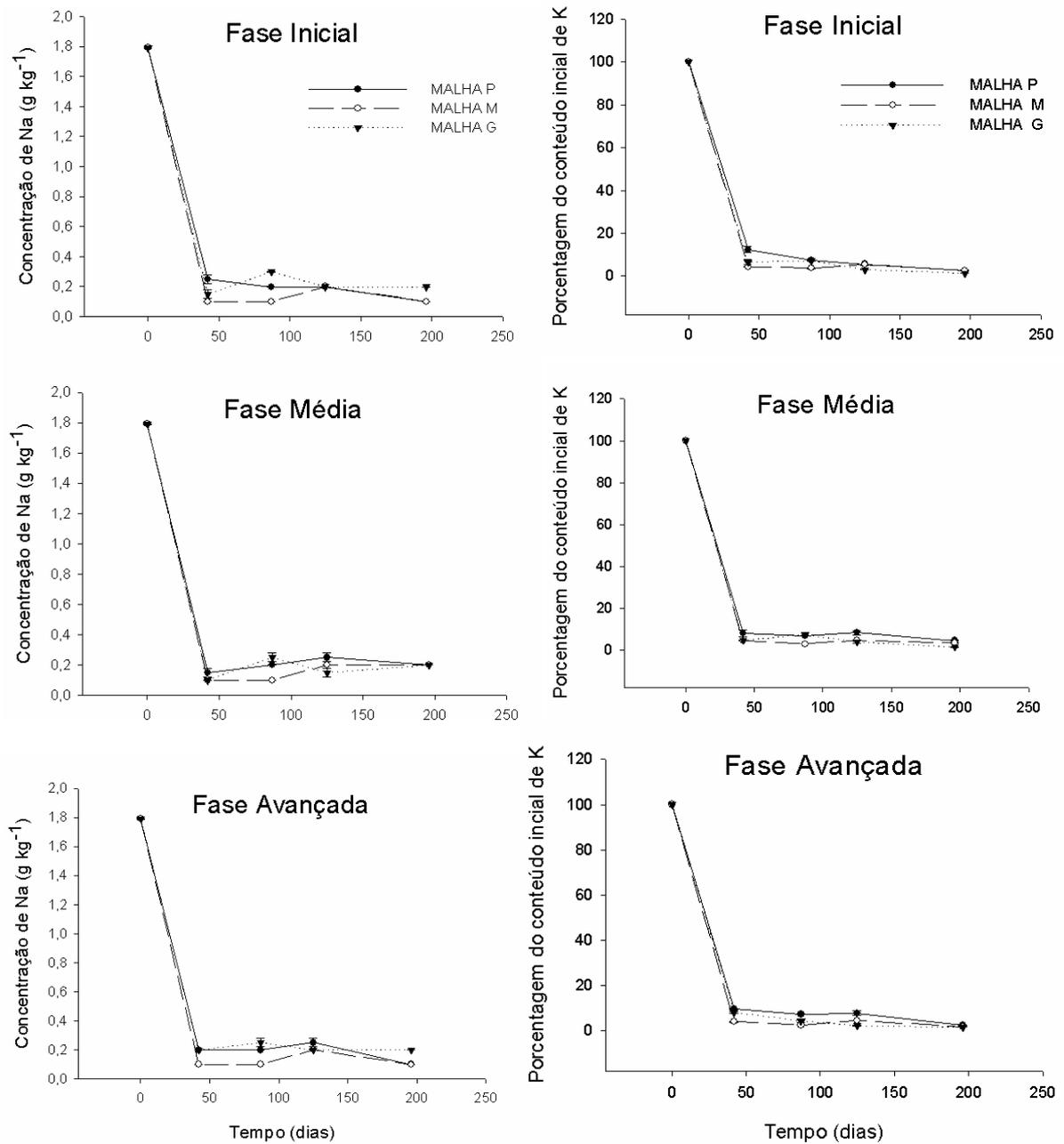


FIGURA 50 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE SÓDIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE SÓDIO NAS FOLHAS DE *Tibouchina pulchra* NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.

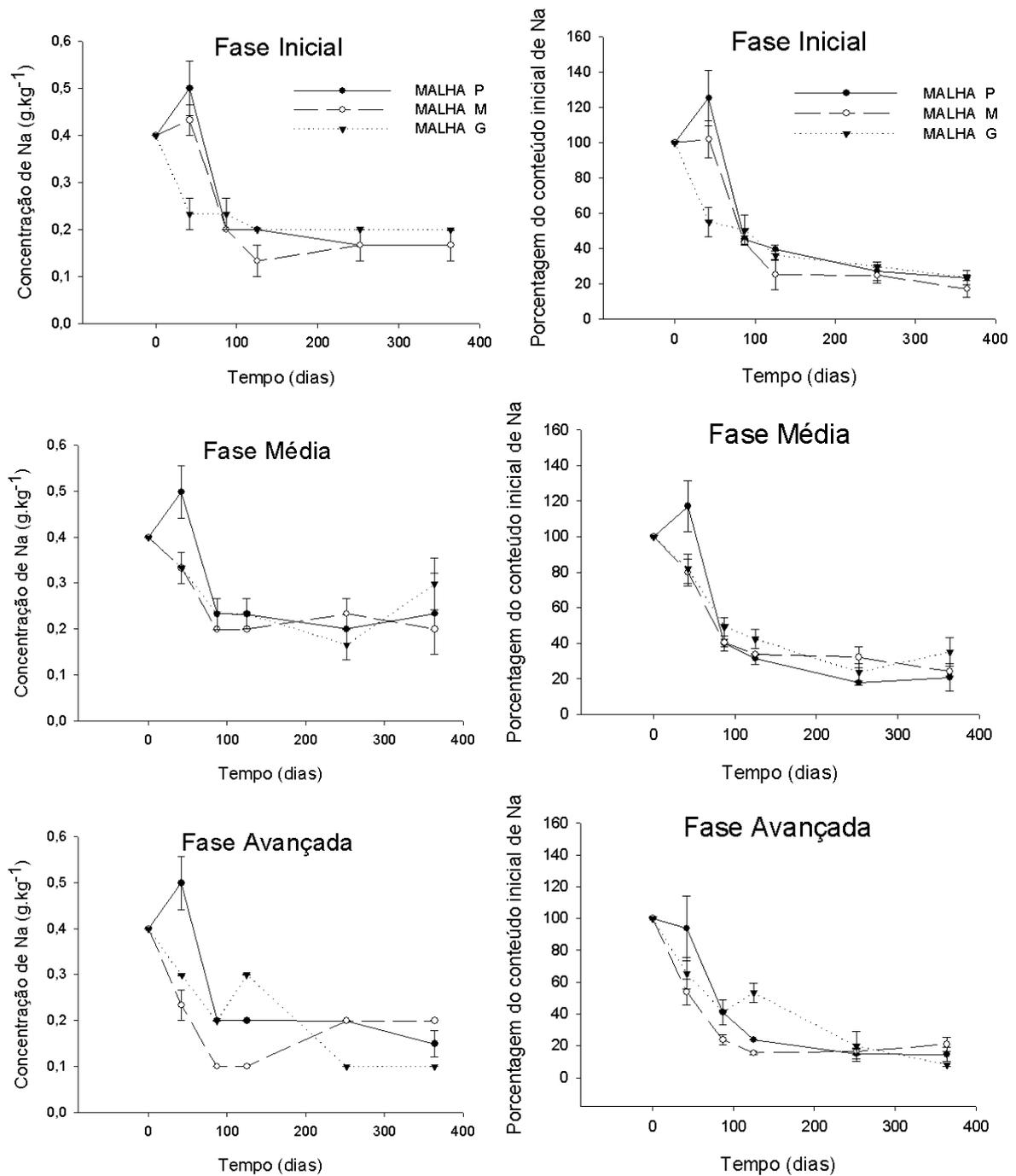


FIGURA 51 - DINÂMICA DA CONCENTRAÇÃO DE SÓDIO E DA PORCENTAGEM DO CONTEÚDO INICIAL DE SÓDIO NAS FOLHAS DE *Sloanea guianensis* NOS TRÊS TAMANHOS DE MALHA E NAS FASES SUCESSIONAIS INICIAL, MÉDIA E AVANÇADA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO FOLIAR COM LITTERBAGS.

4.3.2.7 Relação C/N

A relação C/N das folhas de ambas as espécies (*T. pulchra* e *S. guianensis*) (Figura 52) diminuiu do início do experimento até os primeiros 42 dias, aumentou até os 87 dias e depois voltou a diminuir, porém as variações nos valores foram maiores na *S. guianensis*. A relação C/N variou entre 26 e 19 para a *S. guianensis* e entre 19 e 16 para a *T. pulchra*. Portanto, a espécie *T. pulchra* apresentou os menores valores de relação C/N e as maiores taxas de decomposição, em contraste com a espécie *S. guianensis* que apresentou os maiores valores de relação C/N e as menores taxas de decomposição. Xuluc-Tolosa *et al.* (2003) também encontraram esta relação entre o C/N e a taxa de decomposição para as espécies *Croton lundellii* e *Manilkara Zapota*, uma espécie pioneira e uma espécie secundária-tardia, respectivamente, como as espécies *T. pulchra* e *S. guianensis*.

A relação C/N é considerada como bom parâmetro para estimar as taxas de decomposição (TAYLOR; PARKINSON; PARSONS, 1989). Quando a serapilheira apresenta relação C/N superior a 30/1, o nitrogênio fica imobilizado e, como consequência, há uma redução na disponibilidade de amônio $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ no solo. Quando a relação fica na faixa de 20-30/1, os processos de imobilização e mineralização se igualam e abaixo de 20/1 ocorre a mineralização com a maior disponibilidade de compostos nitrogenados (SIQUEIRA; FRANCO, 1988). Abaixo desta relação ocorre diminuição do carbono oxidável e também a formação de CO_2 , o nitrogênio deixa de ser limitante para os processos microbianos e, só então começa a haver liberação de N mineral (VICTORIA; PICCOLO; VARGAS, 1992).

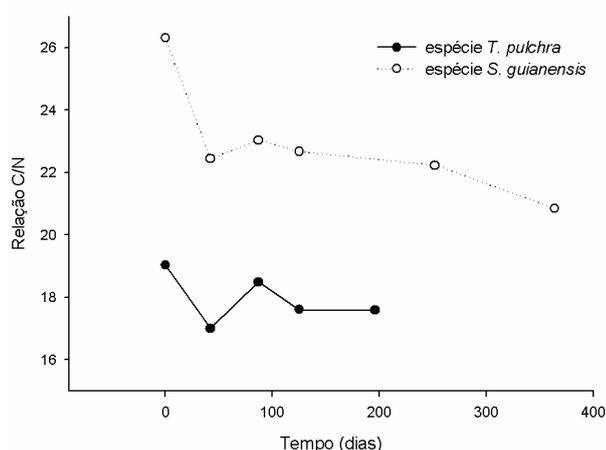


FIGURA 52 – VARIAÇÃO DA RELAÇÃO C/N DAS FOLHAS DAS ESPÉCIES *Tibouchina pulchra* E *Sloanea guianensis* AO LONGO DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO COM LITTERBAGS.

TABELA 32 - CONCENTRAÇÃO INICIAL E FINAL DE N, P, K, Ca, Mg, Na E RELAÇÃO C/N DAS FOLHAS DE *Tibouchina pulchra* (JACATIRÃO) NO PERÍODO DE 196 DIAS DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO COM LITTERBAGS. ¹

FASE	MALHA	C/N		N		P		K		Ca		Mg		Na	
		inicial	final	inicial	final	inicial	Final	inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final
INICIAL	P	19,03	17,30 A ¹ (0,18) ²	23,72	25,34 A (0,11)	1,09	0,76 C (0,01)	5,77	0,50 B (0,07)	5,46	16,26 A (0,65)	2,01	0,86 B (0,07)	1,79	0,10 B (0,00007)
	M	19,03	17,54 A (0,27)	23,72	23,99 B (0,50)	1,09	1,49 A (0,06)	5,77	0,35 C (0,03)	5,46	17,41 A (0,13)	2,01	0,86 B (0,03)	1,79	0,10 B (0,00004)
	G	19,03	17,08 A (0,12)	23,72	25,01 AB (0,14)	1,09	1,33 B (0,04)	5,77	0,66 A (0,00)	5,46	18,16 A (0,88)	2,01	1,40 A (0,04)	1,79	0,20 A (0,0001)
MÉDIA	P	19,03	17,88 AB (0,03)	23,72	25,28 AB (0,13)	1,09	1,16 A (0,06)	5,77	0,60 A (0,0003)	5,46	9,46 C (0,002)	2,01	1,39 B (0,08)	1,79	0,19 A (0,0003)
	M	19,03	18,26 A (0,15)	23,72	24,45 B (0,15)	1,09	1,34 A (0,009)	5,77	0,50 A (0,06)	5,46	13,79 A (0,05)	2,01	2,74 A (0,17)	1,79	0,19 A (0,0001)
	G	19,03	16,94 B (0,54)	23,72	26,89 A (0,84)	1,09	1,28 A (0,07)	5,77	0,45 A (0,09)	5,46	10,76 B (0,13)	2,01	1,30 B (0,14)	1,79	0,19 A (0,0002)
AVANÇADA	P	19,03	16,78 B (0,27)	23,72	24,36 A (1,20)	1,09	1,02 B (0,04)	5,77	0,33 A (0,03)	5,46	9,33 B (1,05)	2,01	0,24 B (0,0002)	1,79	0,10 B (0,00003)
	M	19,03	18,50 A (0,27)	23,72	23,36 A (0,02)	1,09	1,41 AB (0,09)	5,77	0,30 A (0,0004)	5,46	14,48 A (1,18)	2,01	0,37AB (0,03)	1,79	0,10 B (0,0001)
	G	19,03	18,03 A (0,02)	23,72	20,75 B (0,04)	1,09	1,61 A (0,20)	5,77	0,39 A (0,12)	5,46	9,22 B (1,82)	2,01	0,51 A (0,07)	1,79	0,20 A (0,0003)

¹ Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher ($P < 0,05$) – comparação entre malhas dentro de cada fase sucessional.

² Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

TABELA 33 - CONCENTRAÇÃO INICIAL E FINAL DE N, P, K, Ca, Mg, Na E RELAÇÃO C/N DAS FOLHAS DE *Sloanea guianensis* (LARANJEIRA-DO-MATO) NO FINAL (364 DIAS) DO EXPERIMENTO DE DECOMPOSIÇÃO COM LITTERBAGS.¹

FASE	MALHA	C/N		N		P		K		Ca		Mg		Na	
		inicial	final	inicial	Final	inicial	Final	inicial	final	inicial	final	inicial	final	inicial	final
INICIAL	P	26,30	21,31 A (0,13)	18,47	22,44 AB (0,15)	0,84	0,58 A (0,00)	6,53	0,85 AB (0,03)	3,78	4,91 B (0,50)	1,49	0,20 C (0,05)	0,40	0,17 A (0,03)
	M	26,30	20,91 A (0,37)	18,47	23,02 A (0,35)	0,84	0,65 A (0,03)	6,53	1,00 A (0,05)	3,78	4,66 B (0,24)	1,49	0,75 A (0,06)	0,40	0,17 A (0,03)
	G	26,30	21,10 A (0,40)	18,47	21,99 B (0,10)	0,84	0,57 A (0,04)	6,53	0,75 B (0,09)	3,78	7,95 A (0,03)	1,49	0,50 B (0,03)	0,40	0,20 A (0,00)
MÉDIA	P	26,30	22,31 A (0,15)	18,47	21,84 C (0,23)	0,84	0,68 A (0,02)	6,53	0,77 A (0,03)	3,78	2,92 B (0,48)	1,49	1,46 A (0,15)	0,40	0,23 A (0,09)
	M	26,30	20,51 B (0,22)	18,47	22,96 B (0,30)	0,84	0,63 A (0,03)	6,53	0,75 A (0,03)	3,78	4,43 AB (0,44)	1,49	1,37 A (0,18)	0,40	0,20 A (0,00)
	G	26,30	19,83 B (0,30)	18,47	24,26 A (0,27)	0,84	0,69 A (0,006)	6,53	0,75 A (0,03)	3,78	5,73 A (0,91)	1,49	1,54 A (0,04)	0,40	0,20 A (0,00)
AVANÇADA	P	26,30	20,85 AB (0,24)	18,47	21,67 A (0,31)	0,84	0,80 A (0,03)	6,53	0,65 AB (0,03)	3,78	4,55 A (0,67)	1,49	0,63 AB (0,04)	0,40	0,20 A (0,06)
	M	26,30	19,64 B (0,06)	18,47	19,76 B (0,43)	0,84	0,76 A (0,02)	6,53	0,75 A (0,03)	3,78	3,61 A (0,33)	1,49	0,53 B (0,07)	0,40	0,20 A (0,00)
	G	26,30	21,19 A (0,64)	18,47	18,14 C (0,31)	0,84	0,63 B (0,04)	6,53	0,63 B (0,03)	3,78	3,17 A (0,05)	1,49	0,72 A (0,03)	0,40	0,20 A (0,00)

¹ Valores em coluna seguidos da mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente pelo teste de Fisher ($P < 0,05$) – comparação entre malhas dentro de cada fase sucessional.

² Valores entre parênteses referem-se ao erro padrão da média.

5. CONCLUSÕES

As fases sucessionais não mostraram influência sobre a quantidade de serapilheira depositada, mas sim sobre a composição desta serapilheira (mais folhas e menos miscelânea na fase INI), estando as mudanças de composição associadas às mudanças estruturais da floresta.

A deposição de serapilheira variou mais em função das variações climáticas do que em função das diferenças de vegetação entre as fases sucessionais. E a velocidade do vento foi a variável meteorológica que atuou de forma mais significativa no processo de deposição, mostrando maior influência de efeitos físicos sobre o processo.

A concentração de nutrientes da serapilheira variou em função da fase sucessional da floresta (serapilheira produzida nas fases MED e AVA mais rica do que a serapilheira produzida na fase INI).

Como a concentração de elementos na serapilheira depositada apresentou pouca variação entre as estações do ano e a maior contribuição em termos de fitomassa depositada foi da fração folhas, o padrão sazonal de aporte de nutrientes ao solo foi determinado principalmente pelo padrão de deposição de fitomassa desta fração.

Em relação à serapilheira acumulada, houve influência da fase sucessional, onde o maior acúmulo ocorreu na fase MED e, conseqüentemente, menor velocidade de decomposição da serapilheira nesta fase sucessional, podendo este comportamento estar associado à maior densidade de plantas e às condições de solo vigentes nesta floresta.

A serapilheira tendeu a acumular-se mais sobre o solo nos meses de setembro e novembro (primavera) e, conseqüentemente, os maiores estoques de nutrientes também ocorreram na primavera. Já os menores acúmulos de serapilheira ocorreram em março, no final do verão, mostrando a influência climática sobre a decomposição da serapilheira.

A serapilheira acumulada nas fases MED e AVA foi mais rica em nutrientes do que a serapilheira da fase INI (exceto para o Ca), sendo este fato explicado pelas diferenças nos conteúdos nutricionais das espécies florestais presentes nas diferentes fases sucessionais.

A macrofauna do solo apresentou papel importante no processo de decomposição foliar de *T. pulchra* e menor influência sobre a decomposição de *S. guianensis*. A redução na “complexidade” da comunidade decompositora (através da exclusão de organismos) retardou o processo de decomposição.

A liberação de nutrientes da serapilheira mostrou dinâmica já descrita em outros trabalhos, com os elementos mais solúveis (K e Na) sendo rapidamente liberados e os demais apresentando comportamento mais complexo, sem padrão definido.

REFERÊNCIAS

- 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.
- ANDERSON, J.M. The breakdown and decomposition of sweet chesnut (*Castanea sativa* Mill.) and beech (*Fagus sylvatica* L.) leaf litter in two deciduous woodland soils. I. Breakdown, leaching and decomposition. **Oecologia**, v.12, p.251-274, 1973.
- ANGULO, R.J. Mapa do Cenozóico do litoral do estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 55, p. 25-42, 2004.
- ARCHIBOLD, O.W. **Ecology of world vegetation**. 1.ed. Saskatoon, Canada: Chapman & Hall, 1995. 510 p.
- ATHAYDE, S.F. **Composição florística e estrutura fitossociológica em quatro estágios sucessionais de uma Floresta Ombrófila Densa Submontana, como subsídio ao manejo ambiental – Guaraqueçaba, Paraná**. 163 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.
- BACKES, A. Ecologia da floresta latifoliada do Morro do Coco, Viamão, Rio Grande do Sul. II. Produção de serapilheira, de CO₂ pelo solo e decomposição de celulose. **Iheringia, Série Botânica**, n.55, p.3-21, 2001.
- BARBOSA, J.H.C. **Dinâmica da serapilheira em estágios sucessionais de Floresta Atlântica (Reserva Biológica de Poço das Antas – RJ)**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.
- BARLOW, J.; GARDNER, T.A.; FERREIRA, L.V.; PERES, C.A. Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v.247, p.91-97, 2007.
- BENCKE, C.S.C.; MORELLATO, L.P.C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, n.2, p.237-248, 2002.
- BENVENUTTI-FERREIRA, G.; COELHO, G.C.; SCHIRMER, J.; LUCCHESI, O.A. Dendrometry and litterfall of neotropical pioneer and early secondary tree species. **Biota Neotropica**, v.9, n.1, p.65-71, 2009.
- BIGARELLA, J.J.; BECKE, R.D.J.; SANTOS, G.F. dos; *et al.* Fundamentos geológico-geográficos, alteração química e física das rochas, relevo cárstico e dômico. In: _____. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais** Florianópolis: Ed. UFSC, 1994.

BIHN, J. **The recovery of ant communities in regenerating tropical forests. Marburg/Lahn.** 97 f. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) – Faculdade de Biologia da Universidade de Marburg, Alemanha, 2008.

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

BOEGER, M.R.; WISNIEWSKI, C. Comparação da morfologia foliar de espécies arbóreas de três estádios sucessionais distintos de Floresta Ombrófila Densa (Floresta Atlântica) no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n.1, p. 61-72, 2003.

BOEGER, M. R.; WISNIEWSKI, C.; REISSMANN, C. B. Nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estádios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa no Sul do Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 19, n.1, p.167-181, 2005.

BORÉM, F.A.T.; RAMOS, D.P. Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. **Cerne**, v.8, n.2 p.42-59, 2002.

BORMANN, H.F.; LIKENS, G.E. The nutrient cycles of an ecosystem. **Scientific Am.**, v.233, n.4, p.92-101, 1970.

BRADFORD, M.A.; TORDOFF, G.M.; EGGERS, T.; JONES, T.H.; NEWINGTON, J.E. Microbiota, fauna, and mesh size interactions in litter decomposition. **Oikos**, v.99, p.317-323, 2002.

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

BRIONES, M. J. I.; INESON, P. Decomposition of Eucalyptus leaves in litter mixtures. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, p.1381-1388, 1996.

BRITEZ, R.M. **Ciclagem de nutrientes minerais em duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá.** 272 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

BRITEZ, R.M.; REISSMAN, 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 SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. Anais...São Paulo: Revista do Instituto Florestal, 1992. v.4, n.3, p.766-772.

BROWN, S.; LUGO, A. The storage and production of organic matter in tropical forest and their role in the global carbon cycle. **Biotropica**, v. 14, n. 3, p.161-187, 1990.

BROWN, G.C.; RÖMBKE, J.; HÖFER, H.; VERHAAG, M.; SAUTTER, K.D.; SANTANA, L.D.Q. Biodiversity and function of soil animals in Brazilian agroforestry systems. In: GAMA-RODRIGUES *et al.* (eds.). **Sistemas Agroflorestais. Bases**

científicas para o Desenvolvimento Sustentável. Campo dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. p.217-242.

BRUN, E. J. **Dinâmica da deposição de serapilheira em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual em Santa Maria, RS.** Relatório de estágio supervisionado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

CALDEIRA, M.V.W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

CALDEIRA, M.V.W.; VITORINO, M.D.; SCHAADT, S.S.; MORAES, E.; BALBINOT, R. Quantificação de serapilheira e de nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.1, p.53-68, 2008.

CARDOSO, F.C.G. **Fenologia de árvores da Floresta Atlântica no litoral do Paraná: comparações entre categorias sucessionais.** 30 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

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.** 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Piracicaba, 1980.

CESAR, O. Produção de serapilheira na Mata Mesófila Semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.53, n.4, p.671-681, 1993a.

CESAR, O. Nutrientes minerais da serapilheira produzida na Mata Mesófila Semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.53, n.4, p.659-669, 1993b.

CHAZDON, R.L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. **Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics**, v.6, p.51-71, 2003.

CHAZDON, R.L. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**, v.320, p.1458-1460, 2008.

CHAZDON, R.L.; PERES, C.A.; DENT, D.; SHEIL, D.; LUGO, A.E.; LAMB, D.; STORK, N.E.; MILLER, S.E. The potential for species conservation in tropical secondary forests. **Conservation Biology**, v.23, n.6, p.1406-1417, 2009.

CHEN, H.; HARMON, M. E.; SEXTON, J.; FAST B. Fine-root decomposition and N dynamics in coniferous forests of the Pacific Northwest, U. S. A. **Canadian Journal of Forest Research**, v.32, p.320-331, 2002.

CONDIT, R.; HUBBEL, S.P.; FOSTER, R.B. Mortality rates of 205 neotropical tree and shrub species and the impact of a severe drought. **Ecological Monographs**, v.65, p.419-439, 1995.

CORNWELL, W.K. *et al.* Plant species traits are the predominant control on litter decomposition rates within biomes worldwide. **Ecology Letters**, v.11, p.1-6, 2008.

CORRÊA, D.R. **Horizontes orgânicos sob Floresta Ombrófila Densa no Litoral Paranaense**. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

CORREIA, M.E.F.; ANDRADE, A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, Gabriel de Araújo; CAMARGO, Flávio A. de O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Ed. Gênese, 1999. 508p.

COÛTEAUX, M.M.; MOUSSEAU, M.; CELERIER, M.L.; BOTTNER, P. Increased atmospheric CO₂ and litter quality: decomposition of sweet chesnut leaf litter with animal food webs of different complexities. **Oikos**, v.61, p.54-64, 1991.

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

CUNHA, G.C.; GRENDENE, L.A.; DURLO, M.A.; BRESSAN, D.A. Nutrient cycling in a seasonal deciduous forest with special respect to the mineral content produced by the litter fall. **Revista Ciência Florestal**, v.3, n.1, p.36-64, 1993.

CUNHA, G. C. da. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em diferentes fases sucessionais de uma floresta estacional do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

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 – Brasil). **Revista do Instituto Florestal**, v.8, n.1, p.1-16, 1996.

DANTAS, M.; PHILLIPSON, J. Litterfall and litter nutrient content in primary and secondary Amazonian “terra firme” rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.5, n.1, p.27-36, 1989.

DE WALT, S. J., MALIAKAL, S. K., DENSLOW, J. S. Changes in vegetations structure and composition along a tropical forest chronosequence: implications for wildlife. **Forest Ecology and Management**, v.182, p.139-151, 2003.

DEAN, W. *With Broadax and Firebrand: The Destruction of the Brazilian Atlantic Forest*. University of California Press, Berkeley, 1997.

DELITTI, W.B.C. **Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes na mata ciliar, no campo cerrado e na floresta implantada de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*, Mogi Guaçu, São Paulo.** 298 f. Tese (Doutorado em Biociências) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1989, Campinas, **Anais...** Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.88-98.

DELLITI, W.B.C. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. **Oecologia Brasiliensis**, v.1, p. 469-486, 1995.

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**, v.21, n.1, p.11-26, 1997.

DIAS, H.C.T.; FIGUEIRA, M.D.; SILVEIRA, V.; FONTES, M.A.L.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. de; SCOLFORO, J.R.S. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana em Lavras, MG. **Cerne**, v.8, n.2, p.11-16, 2002.

DIDHAM, R.K. **An overview of Forest invertebrate responses to forest fragmentation.** In: WATT, A.; STORK, N.E.; HUNTER, M. (Eds.). *Forests and Insects.* Chapman & Hall, London, 1997. p. 303-320.

DIDHAM, R.K. Altered leaf-litter decomposition rates in tropical forest fragments. **Oecologia**, v.116, p.397-406, 1998.

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.** 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1987.

DINIZ, S.; PAGANO, S.N. Dinâmica de folheto em floresta mesófila semidecídua no município de Araras, SP. I - Produção, decomposição e acúmulo. **Revista do Instituto Florestal**, v.9, n.1, p.27-36, 1997a.

DINIZ, S.; PAGANO, S.N.; BINI, L.M. Dinâmica de folheto em floresta mesófila semidecídua no município de Araras, SP. II - Fluxo de macronutrientes. **Revista do Instituto Florestal**, v.9, n.1, p.37-46, 1997b.

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**, v.17, n.1, p.47-58, 1990.

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**, 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**, v.23, n.1, p.77-85, 2000.

DUNN, R.R. Recovery of faunal communities during tropical forest regeneration. **Conservation Biology**, v.18, p.302–309, 2004.

DUVIGNEAUD, P. **A síntese ecológica**. Doin, Éditeurs, Paris, 1974. 165p.

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**, v.65, p.971 -992, 1977.

EDWARDS, C.; READ, J.; SANSON, G. Characterizing sclerophylly: some mechanical properties of leaves from heath and forest. **Oecologia**, v.123, p.158-167, 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA EM AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. São Paulo, EDUSP, 1975. 344p.

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

FAO (Food and Agriculture Organization). **Workshop on tropical secondary forest management in Africa: reality and perspectives**. FAO, Rome, 2003.

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

FERRETI, A.R., BRITEZ, R.M. A restauração da Floresta Atlântica no litoral do estado do Paraná: os trabalhos da SPVS. In: Galvão, A.P.M.; SILVA, Porfírio da. **Restauração Florestal: fundamentos e estudos de caso**. Embrapa, p.87-102, 2005.

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

FLOSS, P.A.; CALDATO, S.L.; BOHNER, J.A.M. Produção e decomposição de serapilheira na Floresta Ombrófila Mista da Reserva Florestal da Epagri/Embrapa de Caçador, SC. **Agrop. Catarinense**, v.12, n.2, p.19-22, 1999.

FOURNIER, M.E.H. de; FOURNIER, L.A. Producción, descomposición e invertebrados del mantillo en varias etapas de la sucesión en Ciudad Colón, Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**, v.25, n.2, p.275-288, 1977.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2000–2005**. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2008.

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, 1991.

GALVÃO, F.; ZILLER, S.R.; BUFREM, A.M. Decomposição de folhas de algumas espécies arbóreas. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, v.11, n.1-2, p.161-168, 1992.

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...** Fortaleza: Editora da Universidade Federal do Ceará, 2003. p. 214-216.

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**, v.26, n.2, p.193-207, 2002.

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. 256 p.

GOMEZ-POMPA, A.; VAZQUES-YANES, C. Sucessional studies of a rain forest in Mexico. In: _____. **Forest succession: concept and application**. Cap.16, p.246-266. 1981.

GONZÁLEZ, G.; SEASTEDT, T.R. Comparison of the abundance and composition of litter fauna in tropical and subalpine forests. **Pedobiologia**, v.44, p.545-555, 2000.

GOSZ, J.R.; LIKENS, G.E.; BORMANN, F.H. Organic matter and nutrient dynamics of the forest and forest floor in the Hubbard Brook forest. **Oecologia**, v.22, p.305-320, 1976.

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

GUAPYASSÚ, M.S. **Caracterização fitossociológica de três fases sucessionais de uma Floresta Ombrófila Densa Submontana – Morretes, Paraná**. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

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

HENEGHAN, L.; COLEMAN, D.C.; ZOU, X.; CROSSLEY Jr., D.A.; HAINES, B.L. Soil microarthropod community structure and litter decomposition dynamics: A study of tropical and temperate sites. **Applied Soil Ecology**, v.9, p.33-38, 1998.

HENROT, J.; BRUSSARD, L. Determinants of *Flemingia congesta* and *Dactyladenia barteri* mulch decomposition in alley-cropping systems in the humid tropics. **Plant and Soil**, v.191, p.101-107, 1997.

HERBOHN, J.L.; CONGDON, R.A. Ecosystem dynamics at disturbed and undisturbed sites in North Queensland wet tropical rain forest. III. Nutrient returns to the forest floor through litterfall. **Journal of Tropical Ecology**, v.14, p.217-229, 1998.

HÖFER, H.; HANAGARTH, W.; GARCIA, M.V.B.; MARTIUS, C.; FRANKLIN, E.N.; RÖMBKE, J.; BECK, L. Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. **Eur. J. Soil Biol.**, v.37, p.229-235, 2001.

HUHTA, V. The hole of soil fauna in ecosystems: A historical review. **Pedobiologia**, v. 50, p.489-495, 2007.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira: série manuais técnicos em geociências**. Rio de Janeiro, n.1, 1992. 92p.

IBGE. **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, v.58, 1998.

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**, v.10, n.1, p.38-42, 1978.

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

JORDAN, C.F.; HERRERA, R. Tropical rain forests: are nutrients really critical? **The American Naturalist**, v.117, n.2, p.167-180. 1981.

KAMPICHLER, C.; BRUCKNER, A. The role of microarthropods in terrestrial decomposition: a meta-analysis of 40 years of litterbag studies. **Biological Reviews**, v. 84, p.375-389, 2009.

KELLMAN, M.C. **Secondary plant succession in tropical montane Mindanao**. Publication BG/2, Research School of Pacific Studies. Australian National University, Canberra, 1970.

KING, J. S.; LEE ALLEN, H.; DOUGUERTY, P.; STRAIN, B. R. Decomposition of roots in loblolly pine: effects of nutrient and water availability and root size class on mass loss and nutrient dynamics. **Plant and Soil**, v.195, p.171-184, 1997.

KLINGE, H.; RODRIGUES, W.A. Litter production in an area of Amazonian Terra Firme Forest. Part I. Litter-fall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. **Amazoniana**, v.1, n.4, p.287-301, 1968.

KÖHLER, L.; HÖLSCHER, D.; LEUSCHNER, C. High litterfall in old-growth and secondary upper montane forest of Costa Rica. **Plant Ecology**, v.199 p.163-173, 2008.

KÖNIG, F.G.; SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; SELING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa Floresta Estacional Decidual no município de Santa Maria-RS. **Revista Árvore**, v.26, n.4, 2002.

KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T.T. **Physiology of Wood Plant**. New York: Academic Press, 1979. 811p.

KURKA, A.; STARR, M.; HEIKINHEIMO, M.; SALKINOJA-SALONEN, M. Decomposition of cellulose strips in relation to climate, litterfall, nitrogen, phosphorus and C/N ratio in natural boreal forests. **Plant and Soil**, v.219, p.91-101, 2002.

LAMBERS, H., CHAPIM, F.S., PONS, T.L. Role in Ecosystem and Global Processes. In: : _____. **Plant Physiological Ecology**. 1ª ed. New York: Springer, 1998. 540p.

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

LAURANCE, W.F. Reflections on the tropical deforestation crisis. **Biological Conservation**, v.91, p.109-117, 1999.

LAURANCE, W.F., LOVEJOY, T.E., VASCONCELOS, H.L., BRUNA, E.M., DIDHAM, R.K., STOUFFER, P.C., GASCON, C., BIERREGAARD, R.O., LAURANCE, S.G., SAMPAIO, E. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. **Conservation Biology**, v.16, p.605–618, 2002.

LAVELLE, P.; BLANCHART, E.; MARTIN, A.; MARTIN, S.; SPAIN, A.; TOUTAN, F., BAROIS, I.; SCHAEFER, R. A hierarchical model for decomposition in terrestrial ecosystems: application to soils of the humid tropics. **Biotropica**, v.25, p.130–150, 1993.

LEITÃO FILHO, H.F (coord.). **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão**. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista; Campinas, SP: Editora da Universidade de Campinas, 1993. 184p.

LEITE, F.P. **As diferentes unidades fitoecológicas da Região Sul do Brasil: proposta de classificação**. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

LIEBSCH, D.; GOLDENBERG, R.; MARQUES, M.C.M. Florística e estrutura de comunidades vegetais em uma cronosequência de Floresta Atlântica no Estado do Paraná, Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, v.21, n.4. p.983-992, 2007.

LIEBSCH, D.; MARQUES, M.C.M; GOLDENBERG, R. How long does the Atlantic rain forest take to recover after a disturbance? Changes in species composition and ecological features during secondary succession. **Biological Conservation**, v.141, p.1717-1725, 2008.

LOPES, M.I.M.S.; TEIXEIRA, C.B.; COMPTE, V.X.; LIESS, S.; MAYER, R. Litter production in the Atlantic forest vegetation of Serra do Mar, Cubatão region, Brazil. In: _____. **Anais do III Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira**. Serra Negra, São Paulo, ACIESP. 1993.

LOUZADA, M.A.P; CURVELLO, A.; BARBOSA, J.H.C.; GARAY, I. O aporte de matéria orgânica ao solo: quantificação, fenologia e suas relações com a composição específica em área de Floresta Atlântica de Tabuleiros. **Leandra**, v.12, p.27-32, 1997.

LUIZÃO, F.J.; SCHUBART, H.O.R. Produção e decomposição de liteira em Floresta de Terra Firme da Amazônia Central. **Acta Limnol. Brasil.**, v.1, p.575-600, 1986.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 3ª. ed. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002. 440p.

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2002.

MAIA, L.C. **Sucessão de fungos em folheto de floresta tropical úmida**. Recife: Universidade Federal de Pernambuco. Ed. Universitária, 1983. 198p.

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, p. 713-723, 2004.

MARTINS, S.V.; RODRIGUES, R.R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v.22, p.405-412, 1999.

MARTINS, K. G.; MARQUES, M. C. M.; BRITZ, R. M.; WISNIEWSKI, C. Deposição e decomposição de serapilheira em uma floresta inundável na planície costeira da Ilha do Mel, PR. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6., 2003, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza:UFC, p. 542-543, 2003.

MARTINS, K.G. **Deposição e decomposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas sobre solos hidromórficos na Estação Ecológica da Ilha do Mel – PR**. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

MARTINS, A.P.L.; REISSMANN, C.B. **Determinação de nutrientes em material vegetal e extratos aquosos – manual operacional**. UFPR, 2007.

MARTIUS, C.; HÖFER, H.; GARCIA, M.V.B; RÖMBKE, J.; HANAGARTH, W. Litter fall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in central Amazônia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.68, p.137-154, 2004a.

MARTIUS, C.; HÖFER, H.; GARCIA, M.V.B; RÖMBKE, J.; FÖRSTER, B.; HANAGARTH, W. Microclimate in agroforestry systems in central Amazonia: does canopy closure matter to soil organisms? **Agroforestry Systems**, v.60, p.291-304, 2004b.

MASON, C.F. **Decomposição**. São Paulo: EPU-EDUSP, 1980. 63 p.

MAZUREC, A.P.; VILLELA, D.M. Produção e camada da serapilheira em uma mata atlântica na Serra do Imbé, norte fluminense, em diferentes altitudes. In: **Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros**, Águas de Lindóia, SP. v.3, p.36-42, 1998.

MCDONALD, M.A.; HEALEY, J.R. Nutrient cycling in secondary forest in the Blue Mountains of Jamaica. **Forest Ecology and Management**, v.139, p.257-278, 2000.

MEDINA, E.; CUEVAS, E. Patterns of nutrient accumulation and release in Amazonian forests of the upper Rio Negro basin. In: PROCTOR, J. **Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems**. Ed. Blackwell Science Publications, 1989. p.217-239.

MEENTEMEYER, V. Macroclimate and lignin control of litter decomposition rates. **Ecology**, v.59, n.3, p.465-472, 1978.

MEENTEMEYER, V.; BOX, E.O.; THOMPSON, R. World patterns and amounts of terrestrial plant litter production. **BioScience**, v.32, n.2, p.125-128, 1982.

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

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**, v.8, p.7-20, 1980.

MELILLO, J. M., ABER, J. D. MURATORE, J. F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. **Ecology**, v.63, p 621-626, 1982.

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

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. Berna: International Potash Institute. 687p. 1987.

MESQUITA; DELAMÔNICA; LAURANCE, R.; DELAMÔNICA, P.; LAURENCE, W. F. Effects of surrounding vegetation on edge-related tree mortality in Amazonian Forest fragments. **Biological Conservation**, v.91, p.129-134, 1999.

METZGER, J.P., MARTENSEN, A.C., DIXO, M., BERNACCI, L.C., RIBEIRO, M.C., TEIXEIRA, A.M.G, PARDINI, R. Time-lag in biological responses to landscape changes in a highly dynamic Atlantic forest region. **Biological Conservation**, v. 142, p.1166–1177, 2009.

METZGER, J.P. Conservation issues in the Brazilian Atlantic forest (Editorial). **Biological Conservation**, v.142, p.1138-1140, 2009.

MITTERMEIER, R.A.; GIL, P.R.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, J.; MITTERMEIER, C.G.; LAMOURUX, J.; FONSECA, G.A.B. **Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions**. Cemex, Washington, DC, 2005.

MORAES, R.M.; DELITTI, W.B.; STRUFFALDI-DE-VUONO, Y. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forest. **Revista Brasileira de Botânica**, 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**, v.8, p.205-215, 1992.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley. 547p. 1974.

MYERS, N., MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., FONSECA, G. A. B., KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v.403, p.853-858, 2000.

NASCIMENTO, H.E.M.; LAURANCE, W.F.; CONDIT, R.; LAURANCE, S.G.; D'ANGELO, S.; ANDRADE, A.C. Demographic and life-history correlates for Amazonian trees. **Journal of Vegetation Science**, v.16, p.625-634, 2005.

NYE, P.H. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. **Plant and Soil**, v.13, n.4, p.333-346, 1961.

O'CONNELL, A.M.; SANKARAN, K.V. Organic matter accretion, decomposition and mineralization. In: NAMBIAR, E.K.S.; BROWN, A.G. (Ed.) **Management of soil, nutrients and water in tropical plantation forests**. Canberra: ACIAR Australia/CSIRO, 1997. p.443-480.

ODUM, E.P.; BARRETT, G.W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 612p.

OGAWA, H. Litter production and carbon cycling in Pasoh Forest. **Malayan Nature Journal**, v.30, p.367-373, 1978.

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

OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v.44, n.2, p.322-331, 1963.

ONG, J.E.; GONK, W.K.; WONG, C.H. **Productivity of a managed mangrove forest in West Malaysia**. Proceedings of the International Conference on Trends in Applied Biology in South East Asia. University Sains Malaysia, Penang, Malaysia, p.274-284, 1981.

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

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

PEREIRA, M.G.; MENEZES, L.F.T.; SCHULTZ, N. Aporte e decomposição da serapilheira na Floresta Atlântica, Ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ. **Ciência Florestal**, v.18, n.4, p.443-454, 2008.

PEZZATTO, A. W. **Composição florística e ciclagem de macronutrientes em diferentes seres sucessionais de reservatório de hidrelétrica no Oeste do Paraná**. 166 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

PEZZATO, A.W.; WISNIEWSKI, C. Produção de serapilheira em diferentes seres sucessionais da Floresta Estacional Semidecidual no oeste do Paraná. **Revista Floresta**, v.36, n.1, p.111-120, 2006.

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

PINTO, S.I.C.; MARTINS, S.V.; BARROS, N.F.; DIAS, H.C.T. Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v.32, n.3, p.545-556, 2008.

PIRES, L. A. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em uma formação de restinga na Ilha do Mel**. 187 f. Dissertação (mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista Julio Mesquita Filho, Rio Claro, 2000.

PIRES, L.A.; BRITZ, R.M.de; MARTEL, G.; PAGANO, S.N. Produção e acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. **Acta bot. bras.**, v.20, n.1, p.173-184, 2006.

POGGIANI, F. Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas. In: Congresso Nacional de Essências Nativas, 2., 1992, São Paulo. **Anais...**São Paulo, 1992. p.734-739.

PORTES, M.C.G. de O.; KOEHLER, A.; GALVÃO, F. Variação sazonal da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhangava – PR. **Revista Floresta**, v.26, p.3-10, 1998.

PORTES, M.C.G.O. **Deposição de serapilheira e decomposição foliar em Floresta Ombrófila Densa Altomontana, Morro do Anhangava, Serra da Baitaca, Quatro Barras, PR.** 91 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

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

PRITTCHEW, W.L. **Properties and management of forest soils.** New York: John Wiley, 1979. 500p.

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

PROCTOR, J.; PHILLIPS, C.; DUFF, G.K.; HEANEY, A.; ROBERTSON, F.M. Ultrabasic mountain in Sabah, Malasya. II. Some forest processes. **Journal of Ecology**, v.77, n.1, p.317-331, 1989.

RAMOS, M.C.L.; PELLENS, R. Produção de serapilheira em ecossistema da restinga de Marica, Estado do Rio de Janeiro. In: Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira. 3., 1994, Serra Negra. **Anais...** ACIESP: São Paulo, 1994. v.3, p.89-98, 1994.

RANGER, J; MARQUES, R.; COLIN-BELGRAND, M. Nutrient dynamics during the development of a Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Mirb.) stand. **Acta Ecologica**, v.18, n.2, p.73-90, 1997.

RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.J.; HIROTA, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How is left, and how is the remaining forest disturbed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v.142, p.1141-1153, 2009.

RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil.** 2.São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 374p, 1976.

ROCHA, A.A. **Deposição de fitomassa e nutrientes, acumulação e decomposição de serapilheira em três tipologias da Floresta Atlântica, Paranaguá, PR.** 98 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; HATSCHBACH, G.G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência e Ambiente**, v.24, p.75-92, 2002.

RODRIGUES, R.R., LIMA, R.A.F., GANDOLFI, S., NAVE, A.G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, p.1242–1251, 2009.

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.**, v.23, n.10, p.10055-1061, 1988.

SANTOS, P.F.; WHITFORD, W.G. The effects of microarthropods on litter decomposition in a Chihuahuan Desert Ecosystem. **Ecology**, v.62, n.3, p.654-663, 1981.

SANTOS, P.F.; ELKINS, N.Z.; STEINBERGER, Y.; WHITFORD, W.G. A comparison of surface and buried *Larrea tridentata* leaf litter decomposition in North American hot deserts. **Ecology**, v.65, n.1, p.278-284, 1984.

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

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**, v.4, p.705-717, 1992.

SCHEER, M.B. **Ciclagem de nutrientes em um trecho de Floresta Ombrófila Densa Aluvial em regeneração Guaraqueçaba, PR**. 155 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SCHLITTLER, F.H.M.; DE MARINIS, G.; CESAR, O. Produção de serapilheira na floresta do morro do Diabo, Pontal do Paranapanema – SP. **Naturalia**, v.18, p.135-147, 1993a.

SCHLITTLER, F.H.M.; DE MARINIS, G.; CESAR, O. Transferência de macronutrientes pela serapilheira produzida na floresta do morro do Diabo (região do Pontal do Paranapanema, estado de São Paulo). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v. 36, n. 3, p. 597-611, 1993b.

SCHLITTLER, F.H.M.; DE MARINIS, G.; CESAR, O. Decomposição da serapilheira produzida na floresta do morro do Diabo (região do Pontal do Paranapanema, estado de São Paulo). **Naturalia**, v. 18, p. 149-156, 1993c.

SCHMIDT, P.; DICKOW, K.M.C.; ROCHA, A.A.; MARQUES, R.; SCHEUERMANN, L.; RÖMBKE, J.; FÖRSTER, B.; HÖFER, H. Soil macrofauna and decomposition rates in Southern Brazilian Atlantic Rainforests. **Ecotropica**, v 14, p.89-100, 2008.

SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; RODRIGUES, L.M.; SANTOS, E.M. dos. Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de Acácia Negra (*Acacia mearnsii* Wild) no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v.27, n.6, p.791-798, 2003.

SEASTED, T.R.; CROSSLEY, D.A. The influence of arthropods on ecosystems. **BioScience**, v.34, p.157-161, 1984.

SEMA – SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Mapeamento da Floresta Atlântica do Estado do Paraná**: cartilha de Apoio à Interpretação das Cartas de Vegetação. Curitiba, 2002.

SETÄLÄ, H.; MARSHALL, V.G.; TROFYMOW, J.A. Influence of body size of soil fauna on litter decomposition and ¹⁵N uptake by poplar in a pot trial. **Soil Biol. Biochem.**, v.28, p.1661-1675, 1996.

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, S.M. A Floresta Atlântica no Paraná. In: Fernandes, C. R. **Floresta Atlântica: Reserva da Biosfera**. 2003.

SILVA, C.J.; SANCHES, L.; BLEICH, M.E.; LOBO, F. de A.; NOGUEIRA, J.S. Produção de serapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazonica**, v.37, n.4, p.543-548, 2007.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Lavras: ESALQ/FAEP, 1988. 235p.

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**, v.109, p.209-220, 1998.

SOCIEDADE DE PESQUISA EM VIDA SELVAGEM E EDUCAÇÃO AMBIENTAL – 2005. 516p.

SPVS/TNC (Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental/The Nature Conservance). **Projeto de Restauração da Floresta Atlântica**. Curitiba, 2000. 17p.

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

SOUZA, J.P. **Curso multivariada handouts**. Disponível em: <<http://www.taxondata.org/forum/index.php/topic,195.0.html>>. Acesso em 5/4/2010.

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

SPAIN, A.V. Litterfall and the standing crop of litter in three tropical australian rain forests. **Journal of Ecology**, v.72, n.3, p.947-961, 1984.

SPURR, S.H., BARNES, B.V. **Forest Ecology**. 3.Ed. New York:Wiley, 1980. 690p.

STRUFFALDI-DE VUONO, Y; 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**, v.16, p.179-193, 1989.

SUNDARAPANDIAN, S.M.; SWAMY, P.S. Litter production and leaf-litter decomposition of selected tree species in tropical forests at Kodayar in the Western Ghats, India. **Forest Ecology and Management**, v.123, p.231-244, 1999.

SWIFT, B.R.; HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford: Blackell Scientific Publications, 1979. 372p.

SWIFT, M.J.; RUSSEL-SMITH, A.; PERFECT, T.J. Decomposition and mineral nutrient dynamics of plant litter in a regenerating bush-fallow in sub-humid tropical Nigeria. **Journal of Ecology**, v.69, p.981-985, 1981.

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 14B. Amsterdam: Elsevier, 1989. p.547-569.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W.; PERES, C.A. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil. **Biological Conservation**, v. 91, p.119-127, 1999.

TANNER, E. V. J. The decomposition of leaf litter in Jamaican montane rain forests. **Journal of Ecology**, v.69, p 263-275, 1981.

TAYLOR, B.R.; PARKINSON, D.; PARSONS, W.F.J. Nitrogen and lignin content as predictors of litter decay rates: a microcosm test. **Ecology**, v.70, n.2, p.97-104, 1989.

TEIXEIRA, C.B.; DOMINGOS, M.; REBELO, C.F.; MORAES, R.M. Produção de serapilheira em floresta residual da cidade de São Paulo: Parque Estadual das Fontes do Ipiranga. **Anais do II Congresso Nacional sobre Essências Nativas**, 1992.

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**, v.12, n.2, p.9-16, 2002.

TREVISAN, G. V. **Biomassa e produção de serapilheira no parque Estadual "Mata dos Godoy" Londrina, PR.** 24 f. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 1998.

TROFYMOW, J.A. *et al.* Rates of litter decomposition over 6 years in Canadian forests: influence of litter quality and climate. **Canadian Journal of Forest Research**, v.32, p.789-804, 2002.

VARJABEDIAN, R.; PAGANO, S. N. Produção e decomposição de folheto em um trecho de Mata Atlântica de Encosta no município de Guarujá, SP. **Acta Botânica Brasileira**, 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, 1991. 123p.

VICTORIA, R.L.; PICCOLO, M.C.; VARGAS, A.A.T. O ciclo do nitrogênio. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Coord.). **Microbiologia do solo.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.105-120.

VILLELA, D.; PROCTOR, J. Litterfall Mass, chemistry, and nutrient retranslocation in a monodominant forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. **Biotropica**, v.31, n.2, p.198-211, 1999.

VITAL, A.R.T.; GUERRINI, I.A.; FRANKEN, W.K.; FONSECA, R.C.B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual em zona ripária. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p.793-800, 2004.

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

VOLK, G.M.; LYNCH-HOLM, V.J.; KOSTMAN, T.A.; GOSS, L.J.; FRANCESCHI, V.R. The role of druse and raphide calcium oxalate crystals in tissue calcium in *Pistia stratiotes* leaves. **Plant Biology**, v.4, p.34-45, 2002.

WALKER, B.H. Biodiversity and Ecological Redundancy. **Conservation Biology**, v.6, p.18-33, 1992.

WALLWORK, J.A. **Ecology of soil animals.** New York, McGrawhill, 1970. 283p.

WARDLE, D.A.; LAVALLE, P. Linkages between soil biota, plant litter quality and decomposition. In: CADISH, G.; GILLER, K.E. (Eds.) **Driven by nature: plant litter quality and decomposition.** London: CAB International, p.107-124, 1997.

WARDLE, D.A.; NILSSON, M.C.; ZACKRISSON, O.; GALLET, C. Determinants of litter mixing effects in a Swedish boreal forest. **Soil Biol. Biochem.**, v.35, p.827–835, 2003.

WEBSTER, J. R. & BENFIELD, E. F. Vascular plant breakdown in freshwater ecosystems. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, v.17, p.564-567, 1986.

WERNECK, M.S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L.F. Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista brasil. Bot.**, v.24, n.2, p.195-198, 2001.

WHITE, D.L.; HAINES, B.L.; BORING, L.R. Litter decomposition in Southern Appalachian Black Locust and Pine-Hardwood Stands: litter quality and nitrogen dynamics. **Canadian Journal of Forest Research**, v.18, n.1, p.54-63, 1988.

WISNIEWSKI, C.; ZILLER, S. R.; CURCIO, G. R.; RACHWAL, M. F.; TREVISAN, E.; SOUZA, J. P. **Caracterização do ecossistema e estudo das relações solo cobertura vegetal em planície pleistocênica do litoral paranaense**. Curitiba: Ed. Imprensa da UFPR, 1997. (Projeto integrado do CNPq).

WISNIEWSKI, C. Nutrientes depositados com a serapilheira em função do estágio sucessiona da floresta ombrófila densa das terras baixas sobre podzol não hidromórfico. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE LA CIÊNCIA DEL SUELO, 14., 1999, Pucon. **Anais...** Pucon: UFRO, 1999. p.568.

XULUC-TOLOSA, 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**, v.174, p.401-412, 2003.

ZINN, Y. L.; RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. Soil organic carbon as affected by afforestation with *Eucalyptus* and *Pinus* in the Cerrado region of Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.166, p.285-294, 2002.

ANEXOS

ANEXO 1 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NOS ANOS 2004 A 2007, NA FASE SUCESSIONAL INICIAL (TIB = FOLHAS DE *Tibouchina pulchra*, MYR = FOLHAS DE *Myrsine coriacea*, F = FOLHAS DE OUTRAS ESPÉCIES, FT = FOLHAS TOTAL, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, M = MISCELÂNEA, ST = SERAPILHEIRA TOTAL).

DATA COLETA	DEPOSIÇÃO (kg.ha ⁻¹)							
	TIB	MYR	F	FT	R	OR	M	ST
2004								
13/01/04	118,5	28,7	13,4	160,7	3,3	3,1	47,0	214,1
05/02/04	275,8	40,7	3,2	319,7	5,0	4,4	63,1	392,1
27/02/04	166,7	23,1	17,9	207,6	13,4	2,6	25,9	249,5
21/03/04	207,8	30,6	20,7	259,1	21,7	1,0	46,7	328,5
VER 04	768,8	123,0	55,2	947,0	43,3	11,2	182,7	1184,3
12/04/04	266,6	30,3	11,5	308,4	8,3	6,9	37,6	361,3
03/05/04	149,9	10,0	36,8	196,7	52,2	6,3	0,0	255,2
20/05/04	121,3	8,1	29,8	159,2	42,3	5,1	0,0	206,6
16/06/04	200,2	19,6	63,9	283,7	40,9	14,2	26,4	365,2
OUT 04	737,9	68,1	142,0	948,0	143,8	32,4	64,0	1188,2
01/07/04	180,5	13,8	8,8	203,0	2,2	1,8	21,3	228,4
25/07/04	171,6	25,9	14,9	212,3	16,7	3,3	23,5	255,7
12/08/04	169,2	13,6	9,4	192,2	2,5	1,6	7,3	203,6
01/09/04	176,7	36,7	18,8	232,2	5,6	0,8	15,0	253,7
23/09/04	185,4	30,8	31,6	247,8	65,1	7,1	42,7	362,8
INV 04	883,4	120,6	83,5	1087,5	92,1	14,7	109,9	1304,2
14/10/04	317,1	35,4	31,1	383,6	9,1	4,9	60,0	457,5
03/11/04	189,0	27,0	25,9	241,9	25,8	2,6	22,5	292,7
24/11/04	264,6	45,0	35,4	345,0	39,0	5,6	38,6	428,2
17/12/04	261,2	112,5	26,4	400,1	40,7	20,0	54,8	515,6
PRI 04	1032,0	219,9	118,7	1370,6	114,5	33,1	175,9	1694,0
TOTAL	3422	532	399	4353	394	91	533	5371
2005								
08/01/05	75,9	23,3	12,1	111,3	12,7	38,5	42,5	205,0
29/01/05	245,7	24,5	42,2	312,4	70,3	7,5	40,0	430,2
18/02/05	234,0	23,3	40,2	297,5	66,9	7,1	38,1	409,7
12/03/05	170,9	23,3	11,1	205,3	6,4	1,9	36,4	250,0
VER 05	726,5	94,3	105,7	926,5	156,3	55,0	157,0	1294,9
05/04/05	161,8	19,4	10,7	191,8	25,2	9,0	29,1	255,1
01/05/05	116,2	14,2	6,5	136,9	6,4	4,4	22,8	170,5
28/05/05	120,7	14,7	6,7	142,1	6,7	4,5	23,7	177,0
25/06/05	230,0	31,6	26,6	288,1	46,7	12,7	41,5	389,1
OUT 05	628,7	79,9	50,4	758,9	85,0	30,6	117,1	991,7
12/07/05	143,6	31,5	19,1	194,2	25,6	5,0	16,4	241,3
06/08/05	213,0	27,9	34,4	275,3	162,5	4,9	6,5	449,2
27/08/05	176,7	40,1	41,5	258,4	20,4	3,9	21,2	304,0
21/09/05	210,4	47,8	49,4	307,7	24,3	4,6	25,3	361,9
INV 05	743,7	147,3	144,5	1035,6	232,8	18,5	69,4	1356,3
12/10/05	160,1	31,3	29,7	221,1	20,6	5,1	9,9	256,7
03/11/05	156,4	29,9	31,6	217,9	13,0	0,0	47,7	278,6
23/11/05	198,1	30,6	27,7	256,4	18,4	1,1	31,2	307,1
15/12/05	252,0	47,4	43,6	343,0	25,6	2,6	21,0	392,2
PRI 05	766,5	139,2	132,7	1038,4	77,6	8,8	109,8	1234,5
TOTAL	2866	461	433	3760	552	113	453	4877

continua na próxima página

Continuação...

DATA COLETA	DEPOSIÇÃO (kg.ha ⁻¹)							
	<i>Tib</i>	<i>Myr</i>	F	FT	R	OR	M	ST
2006								
09/01/06	82,5	5,6	27,2	115,4	51,7	4,6	26,1	197,8
26/01/06	208,2	16,4	30,2	254,8	7,6	6,1	63,2	331,6
16/02/06	103,4	13,0	38,7	155,1	6,1	5,9	50,9	218,0
09/03/06	139,8	15,9	47,0	202,7	39,4	9,3	49,7	301,0
30/03/06	164,4	20,1	38,6	223,0	31,4	8,0	23,2	285,6
VER 06	698,4	70,9	181,7	951,0	136,1	33,9	213,0	1334,1
18/04/06	278,0	31,6	61,3	370,9	36,4	11,1	9,9	428,2
12/05/06	204,5	17,9	21,6	243,9	5,2	22,6	2,8	274,5
01/06/06	200,6	11,0	27,0	238,5	10,2	12,9	7,7	269,3
22/06/06	175,5	41,6	63,5	280,5	197,8	19,3	58,7	556,2
OUT 06	858,5	102,0	173,4	1133,9	249,5	65,8	79,0	1528,2
13/07/06	137,7	13,2	24,8	175,7	27,1	2,8	18,1	223,8
03/08/06	177,2	23,0	35,1	235,3	3,6	2,5	12,7	254,0
26/08/06	194,1	25,2	38,4	257,7	3,9	2,7	13,9	278,2
21/09/06	216,3	37,8	44,9	299,0	54,5	6,1	15,0	374,7
INV 06	725,3	99,2	143,2	967,7	89,0	14,1	59,8	1130,6
16/10/06	130,4	39,5	47,7	217,5	4,9	3,0	10,6	236,1
09/11/06	218,1	54,2	35,7	308,0	30,0	8,1	14,7	360,7
30/11/06	182,7	54,0	30,5	267,2	4,9	10,5	21,6	304,3
21/12/06	217,5	36,6	43,9	298,0	191,2	61,1	84,1	634,4
PRI 06	748,8	184,2	157,7	1090,7	231,0	82,8	131,0	1535,5
TOTAL	3031	456	656	4143	706	197	483	5528
2007								
11/01/07	231,1	35,6	52,2	318,8	142,5	39,8	84,5	585,7
30/01/07	191,5	25,4	35,0	251,9	24,0	10,0	15,1	301,1
22/02/07	229,0	27,2	31,2	287,5	11,9	6,9	11,4	317,7
15/03/07	210,7	23,9	30,4	265,0	17,2	6,8	13,1	302,2
VER 07	862,3	112,1	148,8	1123,2	195,6	63,6	124,2	1506,6
05/04/07	205,8	35,6	94,8	336,2	45,9	19,1	39,7	440,8
26/04/07	107,2	17,8	39,2	164,2	9,5	11,3	19,1	204,1
24/05/07	81,8	21,0	13,5	116,3	53,8	5,9	31,3	207,2
14/06/07	143,2	13,1	24,9	181,2	13,2	8,8	18,0	221,2
OUT 07	537,9	87,5	172,5	797,9	122,4	45,1	108,1	1073,4
05/07/07	102,6	14,1	18,1	134,8	27,8	4,8	17,7	185,2
26/07/07	161,9	26,2	39,8	227,9	47,2	9,0	32,1	316,2
16/08/07	77,1	7,5	25,8	110,4	37,9	6,7	12,1	167,0
04/09/07	165,6	14,3	35,0	214,9	8,5	1,0	8,6	233,0
28/09/07	142,2	23,3	27,5	193,0	4,2	2,5	15,9	215,5
INV 07	649,4	85,4	146,3	881,0	125,6	24,0	86,4	1117,0
19/10/07	95,8	24,0	27,2	146,9	48,8	6,0	17,8	219,4
08/11/07	91,2	22,8	25,9	139,9	46,4	5,7	16,9	208,9
29/11/07	143,5	28,2	85,2	256,9	65,2	9,5	54,3	385,9
27/12/07	191,4	37,6	113,6	342,6	86,9	12,7	72,4	514,6
PRI 07	521,8	112,7	251,8	886,3	247,3	33,8	161,4	1328,9
TOTAL	2571	398	719	3688	691	167	480	5026

ANEXO 2 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NOS ANOS 2004 A 2007, NA FASE SUCESSIONAL MÉDIA (SLO = FOLHAS DE *Sloanea guianensis*, HYE = FOLHAS DE *Hyeronima alchorneoides*, ALC = FOLHAS DE *Alchornea* sp., BAT = FOLHAS DE *Bathysa meridionalis*, F = FOLHAS DE OUTRAS ESPÉCIES, FT = FOLHAS TOTAL, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, M = MISCELÂNEA, ST = SERAPILHEIRA TOTAL).

DATA COLETA	DEPOSIÇÃO (kg.ha ⁻¹)									
	SLO	HYE	ALC	BAT	F	FT	R	OR	M	ST
2004										
13/01/04	30,7	21,9	1,0	21,4	148,9	223,9	10,0	43,3	38,6	315,8
05/02/04	23,7	21,4	1,1	14,0	142,4	202,6	4,3	31,5	61,6	300,1
27/02/04	15,1	18,2	4,8	10,6	133,2	181,9	3,9	14,1	36,8	236,7
21/03/04	16,0	11,0	5,9	48,9	163,3	245,1	30,0	36,9	42,1	354,1
VER 04	85,5	72,6	12,8	94,9	587,8	853,5	48,3	125,8	179,1	1206,8
12/04/04	19,9	24,0	4,2	5,8	175,1	229,1	2,4	2,0	28,2	261,6
03/05/04	12,0	16,1	2,0	0,0	74,3	104,4	31,3	5,1	34,1	174,9
20/05/04	9,7	13,0	1,6	0,0	60,1	84,5	25,3	4,1	27,6	141,6
16/06/04	23,9	44,3	22,1	7,0	300,8	398,0	55,7	4,3	24,7	482,8
OUT 04	65,5	97,4	30,0	12,8	610,3	815,9	114,7	15,5	114,7	1060,9
01/07/04	17,5	0,0	10,0	0,0	71,4	99,0	17,9	4,5	48,9	170,3
25/07/04	4,7	34,5	3,1	1,2	89,7	133,2	9,6	0,9	7,8	151,6
12/08/04	8,4	6,3	6,3	0,0	76,5	97,3	5,0	1,1	23,0	126,4
01/09/04	16,9	4,7	6,9	0,0	125,5	154,0	8,1	1,0	15,0	178,1
23/09/04	41,9	14,5	22,2	0,0	227,5	306,2	28,2	2,5	79,5	416,3
INV 04	89,4	60,0	48,6	1,2	590,6	789,8	68,8	10,0	174,2	1042,7
14/10/04	37,5	35,4	31,1	8,3	300,2	412,4	10,2	3,8	82,5	508,8
03/11/04	36,0	36,0	11,3	16,4	187,0	286,6	20,7	9,3	6,8	323,4
24/11/04	43,9	47,1	18,2	42,4	229,5	381,2	37,9	6,9	27,9	453,8
17/12/04	4,9	41,1	3,9	68,3	265,1	383,3	40,5	3,4	41,1	468,2
PRI 04	122,3	159,6	64,4	135,3	981,7	1463,4	109,3	23,3	158,2	1754,2
TOTAL	363	389	156	244	2770	3923	341	175	626	5065
2005										
08/01/05	41,5	29,3	3,0	93,1	144,6	311,6	25,5	4,8	41,5	383,3
29/01/05	23,3	23,9	2,2	0,0	191,2	240,7	74,0	12,4	89,5	416,6
18/02/05	22,2	22,8	2,1	0,0	182,1	229,3	70,5	11,8	85,2	396,8
12/03/05	22,3	26,3	0,0	13,8	158,7	221,1	40,1	13,9	20,2	295,3
VER 05	109,3	102,3	7,4	107,0	676,7	1002,6	210,1	42,8	236,4	1492,0
05/04/05	21,3	27,1	4,8	5,6	89,1	148,0	21,7	0,0	10,7	180,4
01/05/05	16,8	15,9	3,9	4,2	102,7	143,4	11,9	2,8	11,2	169,3
28/05/05	17,4	16,5	4,0	4,3	106,6	148,9	12,3	2,9	11,6	175,8
25/06/05	14,9	17,4	10,0	1,6	209,0	253,0	50,0	8,4	23,3	334,7
OUT 05	70,5	77,0	22,7	15,7	507,4	693,4	95,9	14,2	56,7	860,2
12/07/05	19,1	17,8	10,9	8,6	152,3	208,7	55,4	2,2	17,8	284,1
06/08/05	19,5	19,5	11,2	0,0	168,6	218,9	125,3	2,9	14,9	362,0
27/08/05	28,6	24,5	18,9	6,2	235,0	313,2	24,5	1,4	5,9	344,9
21/09/05	34,1	29,1	22,5	7,3	279,8	372,8	29,2	1,7	7,0	410,6
INV 05	101,4	90,9	63,5	22,1	835,7	1113,6	234,4	8,2	45,5	1401,7
12/10/05	9,7	19,1	9,4	0,0	125,4	163,6	23,9	3,9	8,1	199,5
03/11/05	31,5	29,7	16,1	22,1	101,1	200,5	16,9	0,0	25,4	242,8
23/11/05	34,0	36,6	34,7	18,6	221,4	345,4	22,1	10,4	45,0	422,9
15/12/05	49,0	47,7	6,2	18,3	245,2	366,5	50,4	13,8	4,3	435,0
PRI 05	124,3	133,1	66,5	59,0	693,1	1075,9	113,3	28,1	82,7	1300,0
TOTAL	405	403	160	204	2713	3885	654	93	421	5054

continua na próxima página

Continuação...

DATA COLETA	DEPOSIÇÃO (kg.ha ⁻¹)									
	<i>Slo</i>	<i>Hye</i>	<i>Alc</i>	<i>Bat</i>	F	FT	R	OR	M	ST
2006										
09/01/06	56,0	17,0	3,6	29,6	27,8	134,0	42,4	3,0	32,5	211,8
26/01/06	43,7	33,7	27,6	22,4	217,1	344,4	16,1	5,0	31,4	396,9
16/02/06	15,7	3,5	4,5	3,9	127,4	155,0	9,2	7,2	42,3	213,8
09/03/06	50,9	16,9	1,5	24,4	157,7	251,4	88,8	8,1	80,5	428,9
30/03/06	20,7	27,9	4,1	0,0	274,6	327,4	62,2	6,1	29,9	425,6
VER 06	187,0	99,0	41,4	80,3	804,6	1212,2	218,8	29,4	216,6	1677,0
18/04/06	30,6	6,6	12,6	8,1	240,0	297,9	31,8	39,4	18,7	387,9
12/05/06	11,3	11,1	2,7	5,8	82,3	113,2	8,8	30,6	4,3	156,9
01/06/06	14,4	8,6	2,4	11,2	148,2	184,7	17,2	16,6	31,0	249,6
22/06/06	36,6	19,1	24,6	14,4	256,0	350,7	232,0	2,9	93,6	679,3
OUT 06	92,8	45,3	42,2	39,6	726,5	946,5	289,7	89,6	147,8	1473,6
13/07/06	8,2	1,3	7,3	0,0	129,0	145,9	46,4	22,4	34,5	249,1
03/08/06	39,7	20,8	16,2	4,8	163,8	245,2	9,0	3,2	37,3	294,8
26/08/06	43,5	22,8	17,7	5,2	179,4	268,6	9,9	3,5	40,9	322,9
21/09/06	43,6	25,6	21,1	3,5	292,8	386,6	84,1	3,7	81,2	555,6
INV 06	135,1	70,5	62,3	13,4	765,0	1046,3	149,4	32,9	193,8	1422,4
16/10/06	22,5	3,4	12,0	20,6	130,0	188,6	11,4	4,5	22,4	226,8
09/11/06	59,6	31,1	10,0	15,8	268,8	385,4	35,4	26,1	66,9	513,9
30/11/06	52,3	46,1	3,6	72,9	258,2	433,1	32,8	35,0	55,3	556,3
21/12/06	20,4	27,7	1,6	8,2	192,5	250,5	51,5	55,3	64,2	421,5
PRI 06	154,9	108,4	27,2	117,5	849,6	1257,6	131,1	120,9	208,9	1718,4
TOTAL	570	323	173	251	3146	4463	789	273	767	6291
2007										
11/01/07	33,7	12,7	4,1	69,4	284,2	404,0	74,8	68,1	87,5	634,4
30/01/07	27,3	14,9	10,0	0,0	176,1	228,4	12,0	34,9	20,2	295,5
22/02/07	18,1	20,4	2,3	0,0	158,3	199,1	16,8	21,7	28,8	266,5
15/03/07	25,8	15,5	3,4	0,0	150,1	194,7	16,3	3,5	13,8	228,3
VER 07	104,9	63,5	19,8	69,4	768,7	1026,2	119,9	128,2	150,3	1424,7
05/04/07	63,9	21,5	3,5	0,0	246,0	335,0	63,2	10,1	34,2	442,5
26/04/07	24,7	14,2	5,7	9,0	142,7	196,3	23,3	7,5	24,5	251,7
24/05/07	17,9	6,5	7,1	15,6	97,1	144,1	22,1	3,4	21,7	191,3
14/06/07	25,9	11,3	5,6	0,0	125,3	168,1	33,3	4,5	29,6	235,5
OUT 07	132,5	53,5	21,9	24,6	611,0	843,5	142,0	25,5	110,0	1121,0
05/07/07	36,8	25,3	12,7	8,5	150,9	234,1	47,8	17,3	35,0	334,1
26/07/07	32,5	13,2	15,6	9,8	248,9	320,0	42,2	4,2	24,7	391,1
16/08/07	2,5	0,0	0,0	0,0	57,9	60,4	21,3	3,8	21,2	106,8
04/09/07	5,5	0,0	0,0	10,2	111,2	126,8	8,2	1,5	6,9	143,4
28/09/07	18,1	4,5	13,3	0,0	94,9	130,7	7,7	1,5	17,0	157,0
INV 07	95,4	42,9	41,6	28,5	663,8	872,1	127,2	28,3	104,9	1132,4
19/10/07	14,4	18,6	5,7	14,6	183,7	236,9	34,5	3,1	27,2	301,7
08/11/07	13,7	17,7	5,4	13,9	174,9	225,7	32,9	3,0	25,9	287,4
29/11/07	49,5	12,8	4,0	9,5	221,0	296,8	47,8	5,7	44,3	394,5
27/12/07	66,0	17,0	5,4	12,7	294,7	395,8	63,7	7,5	59,0	526,0
PRI 07	143,7	66,1	20,5	50,7	874,3	1155,2	178,9	19,2	156,3	1509,7
TOTAL	476	226	104	173	2918	3897	568	201	521	5188

ANEXO 3 – DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA (FRAÇÕES E TOTAL) NOS ANOS 2004 A 2007, NA FASE SUCESSIONAL AVANÇADA (SLO = FOLHAS DE *Sloanea guianensis*, HYE = FOLHAS DE *Hyeronima alchorneoides*, ALC = FOLHAS DE *Alchornea* sp., POU = FOLHAS DE *Pourouma guianensis*, MAR, = FOLHAS DE *Marlieria tomentosa*, F = FOLHAS DE OUTRAS ESPÉCIES, FT = FOLHAS TOTAL, R = RAMOS, OR = ÓRGÃOS REPRODUTIVOS, M = MISCELÂNEA, ST = SERAPILHEIRA TOTAL).

DATA COLETA	DEPOSIÇÃO (kg.ha ⁻¹)										
	SLO	HYE	ALC	POU	MAR	F	FT	R	OR	M	ST
2004											
13/01/04	25,0	3,4	0,0	0,0	8,4	93,2	130,0	10,7	3,6	69,6	213,8
05/02/04	20,4	15,9	0,0	5,0	1,7	110,7	153,7	18,3	2,8	93,9	268,7
27/02/04	15,0	3,1	0,0	9,4	2,8	91,0	121,3	7,5	2,6	67,5	199,0
21/03/04	36,0	12,3	0,6	0,0	0,0	154,1	203,0	14,5	2,9	99,8	320,2
VER 04	96,5	34,7	0,6	14,3	12,9	449,0	608,0	50,9	11,8	330,8	1001,6
12/04/04	18,8	19,9	3,1	7,0	0,0	141,6	190,4	25,8	2,5	56,5	275,1
03/05/04	8,0	2,0	2,0	0,9	0,0	109,6	122,6	31,3	7,5	93,7	255,1
20/05/04	6,5	1,6	1,6	0,7	0,0	88,8	99,2	25,4	6,1	75,8	206,5
16/06/04	13,6	10,2	6,8	7,7	0,0	160,2	198,6	56,3	8,7	63,9	327,6
OUT 04	47,0	33,7	13,6	16,3	0,0	500,2	610,8	138,8	24,8	289,8	1064,2
01/07/04	8,8	0,0	1,3	0,0	0,0	44,4	54,4	27,7	3,8	35,1	121,0
25/07/04	30,6	31,3	5,5	5,5	0,0	172,7	245,6	27,6	8,8	45,4	327,4
12/08/04	11,5	4,2	0,0	0,0	0,0	52,2	67,9	2,7	2,6	17,8	90,9
01/09/04	24,4	29,1	23,5	19,6	0,0	123,9	220,5	3,3	0,0	8,5	232,3
23/09/04	40,2	7,7	9,4	2,8	0,0	211,9	272,0	40,2	28,3	101,7	442,1
INV 04	115,4	72,3	39,6	27,8	0,0	605,2	860,4	101,5	43,4	208,4	1213,7
14/10/04	53,6	40,7	33,2	7,6	0,0	318,0	453,0	6,9	6,3	62,1	528,4
03/11/04	39,4	19,1	10,1	0,0	0,0	133,9	202,5	18,5	6,5	97,9	325,3
24/11/04	34,3	48,2	8,6	4,5	6,4	292,5	394,5	30,5	14,7	37,5	477,2
17/12/04	16,6	51,8	2,9	4,2	7,8	272,9	356,4	46,3	8,4	102,7	513,8
PRI 04	143,9	159,9	54,8	16,2	14,3	1017,3	1406,4	102,2	35,9	300,2	1844,7
TOTAL	403	301	109	75	27	2572	3486	393	116	1129	5124
2005											
08/01/05	73,8	7,1	2,0	12,0	9,1	91,0	195,1	24,9	2,1	25,3	247,3
29/01/05	30,6	9,5	0,0	5,2	11,8	140,1	197,1	61,9	1,6	153,4	414,0
18/02/05	29,1	9,0	0,0	4,9	11,2	133,4	187,7	59,0	1,5	146,1	394,3
12/03/05	16,2	16,2	3,0	0,0	10,1	190,4	235,9	33,8	1,1	65,7	336,6
VER 05	149,7	41,7	5,1	22,1	42,2	554,9	815,8	179,5	6,2	390,6	1392,1
05/04/05	37,8	39,7	5,8	8,4	26,2	212,0	329,8	84,3	4,2	102,7	521,0
01/05/05	14,2	12,5	0,4	1,0	10,3	52,5	91,0	18,1	3,4	34,0	146,4
28/05/05	14,7	13,0	0,4	1,0	10,7	54,5	94,5	18,8	3,5	35,3	152,0
25/06/05	24,1	20,8	3,3	25,7	6,6	157,8	238,3	62,5	6,9	64,8	372,5
OUT 05	90,8	85,9	10,0	36,2	53,9	476,8	753,5	183,6	18,0	236,8	1191,9
12/07/05	12,3	0,0	0,0	6,8	5,5	188,7	213,4	26,9	9,7	36,9	286,8
06/08/05	18,6	9,3	4,7	8,4	6,5	163,7	211,1	97,6	5,5	20,5	334,6
27/08/05	42,0	15,6	15,2	33,2	3,7	240,4	350,1	24,1	3,3	12,0	389,6
21/09/05	50,0	18,5	18,1	39,6	4,4	286,2	416,8	28,7	4,0	14,3	463,8
INV 05	122,9	43,4	38,0	88,0	20,1	879,1	1191,4	177,3	22,4	83,7	1474,8
12/10/05	6,4	3,8	9,6	0,0	0,0	112,3	132,1	20,8	3,3	10,2	166,4
03/11/05	12,6	8,0	14,6	11,4	2,4	135,4	184,4	10,2	6,1	37,0	237,8
23/11/05	14,8	25,4	9,2	1,8	3,3	182,1	236,7	17,2	9,2	45,5	308,6
15/12/05	26,2	38,6	1,8	25,8	10,5	269,6	372,5	22,7	10,9	3,7	409,9
PRI 05	60,1	75,9	35,2	39,1	16,1	699,4	925,7	71,0	29,5	96,5	1122,7
TOTAL	423	247	88	185	132	2610	3686	611	76	807	5182

continua na próxima página

Continuação...

DATA COLETA	DEPOSIÇÃO (kg.ha ⁻¹)										
	SLO	HYE	ALC	POU	MAR	F	FT	R	OR	M	ST
2006											
09/01/06	29,8	0,0	0,0	0,0	6,0	71,1	107,0	14,1	0,9	34,5	156,5
26/01/06	47,5	18,3	1,6	15,7	13,6	172,2	268,9	31,8	13,9	84,3	399,0
16/02/06	14,4	6,7	1,0	3,7	21,1	109,7	156,7	42,3	16,8	129,8	345,6
09/03/06	49,7	42,3	2,5	1,7	18,3	123,3	237,8	63,2	35,4	109,8	446,2
30/03/06	22,9	16,9	2,2	9,7	4,0	159,5	215,2	49,2	5,7	53,8	324,0
VER 06	164,2	84,2	7,4	30,8	63,1	635,9	985,6	200,6	72,9	412,3	1671,3
18/04/06	31,7	17,0	1,1	22,6	24,3	220,8	317,5	85,1	26,5	32,5	461,6
12/05/06	9,8	0,8	1,3	4,8	0,0	71,1	87,7	29,2	14,5	18,6	150,0
01/06/06	10,3	2,0	1,6	2,0	5,9	141,5	163,2	24,5	14,5	12,3	214,6
22/06/06	31,8	15,3	4,8	12,9	6,4	195,3	266,4	95,1	14,6	69,0	445,1
OUT 06	83,6	35,0	8,8	42,3	36,5	628,7	835,0	233,9	70,1	132,4	1271,3
13/07/06	25,1	3,0	4,8	0,0	0,0	105,9	138,7	25,3	6,3	38,5	208,9
03/08/06	23,7	9,4	4,3	9,5	3,2	103,9	153,9	14,3	18,1	43,3	229,6
26/08/06	25,9	10,3	4,7	10,4	3,5	113,8	168,5	15,7	19,9	47,4	251,5
21/09/06	42,3	22,2	15,9	20,5	4,3	206,7	311,8	93,3	11,6	84,4	501,1
INV 06	116,9	44,8	29,6	40,3	11,0	530,3	773,0	148,7	55,9	213,7	1191,2
16/10/06	35,2	5,7	14,6	8,1	0,0	153,6	217,3	11,0	11,2	27,3	266,8
09/11/06	46,6	18,7	16,4	10,0	5,0	187,2	284,0	67,6	26,4	52,2	430,1
30/11/06	34,3	36,1	3,5	7,7	21,4	190,5	293,5	26,8	26,1	67,0	413,4
21/12/06	31,4	20,6	1,7	3,6	32,2	168,5	258,0	54,5	20,9	119,1	452,4
PRI 06	147,5	81,1	36,2	29,4	58,6	699,9	1052,8	159,9	84,5	265,6	1562,8
TOTAL	512	245	82	143	169	2495	3646	743	283	1024	5697
2007											
11/01/07	86,4	55,8	3,0	8,2	31,0	290,6	475,0	98,4	22,7	138,1	734,2
30/01/07	27,8	24,7	0,5	27,7	21,3	105,6	207,6	13,4	10,2	45,5	276,6
22/02/07	18,2	15,5	2,1	29,4	48,5	111,3	224,9	10,3	10,3	64,9	310,4
15/03/07	24,9	28,6	6,4	16,6	12,5	147,2	236,1	16,6	10,9	64,1	327,6
VER 07	157,2	124,6	12,0	81,8	113,3	654,7	1143,6	138,6	54,1	312,5	1648,8
05/04/07	26,9	27,1	4,8	11,0	1,6	158,9	230,3	51,7	16,7	129,6	428,3
26/04/07	21,6	4,1	2,3	11,7	6,8	115,0	161,4	23,6	9,7	35,7	230,4
24/05/07	8,4	2,6	0,4	0,0	7,4	74,7	93,5	36,1	5,0	18,6	153,3
14/06/07	23,0	2,9	2,2	0,0	12,3	119,7	160,0	20,4	10,2	25,3	215,9
OUT 07	79,9	36,8	9,7	22,7	28,0	468,2	645,3	131,7	41,6	209,2	1027,8
05/07/07	22,9	11,6	6,5	0,0	0,0	134,9	175,8	63,4	5,8	27,2	272,2
26/07/07	40,2	12,8	11,9	0,0	0,0	180,9	245,7	45,9	5,1	60,3	357,1
16/08/07	4,4	1,4	1,8	0,0	0,0	88,4	96,0	45,4	4,0	37,4	182,8
04/09/07	12,7	5,8	5,0	0,0	0,0	84,8	108,3	16,0	9,2	12,9	146,4
28/09/07	11,7	9,7	11,8	8,3	3,7	122,9	168,1	8,9	2,5	15,0	194,5
INV 07	91,9	41,1	37,0	8,3	3,7	611,9	793,9	179,6	26,6	152,9	1153,0
19/10/07	14,6	14,3	13,6	6,5	1,5	154,0	204,5	53,6	9,6	41,7	309,5
08/11/07	13,9	13,6	13,0	6,2	1,4	146,7	194,8	51,1	9,2	39,7	294,7
29/11/07	48,2	16,0	1,1	3,9	9,7	196,7	275,7	33,4	11,0	47,0	367,1
27/12/07	64,3	21,3	1,5	5,2	13,0	262,3	367,6	44,6	14,6	62,7	489,5
PRI 07	141,0	65,3	29,2	21,8	25,6	759,7	1042,6	182,7	44,4	191,0	1460,7
TOTAL	470	268	88	135	171	2495	3625	633	167	866	5290