

EFEITO DA SERAPILHEIRA SOBRE A DINÂMICA DE NUTRIENTES
EM PLANTIOS DE EUCALIPTO EM REGENERAÇÃO NATURAL DE
MATA ATLÂNTICA

RODRIGO CAMARA DE SOUZA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

OUTUBRO – 2012

EFEITO DA SERAPILHEIRA SOBRE A DINÂMICA DE NUTRIENTES
EM PLANTIOS DE EUCALIPTO EM REGENERAÇÃO NATURAL DE
MATA ATLÂNTICA

RODRIGO CAMARA DE SOUZA

Tese a ser apresentada ao Centro de Biociências e Biotecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientadora: Professora Dora Maria Villela

Coorientadora: Pesquisadora Maria Elizabeth Fernandes Correia

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

OUTUBRO – 2012

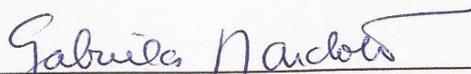
EFEITO DA SERAPILHEIRA SOBRE A DINÂMICA DE
NUTRIENTES EM PLANTIOS DE EUCALIPTO EM
REGENERAÇÃO NATURAL DE MATA ATLÂNTICA

RODRIGO CAMARA DE SOUZA

Tese apresentada ao Centro de Biociências e
Biotecnologia da Universidade Estadual do
Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte
das exigências para obtenção do título de
Doutor em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em 24 de outubro de 2012.

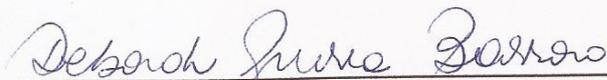
Comissão examinadora:



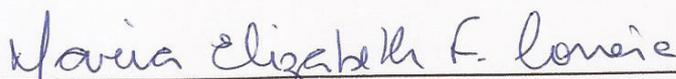
Profa. Dra. Gabriela Bielefeld Nardoto (Doutora em Ecologia Aplicada) - UnB



Profa. Dra. Ângela Pierre Vitória (Doutora em Biologia Vegetal) - UENF/LCA



Profa. Dra. Deborah Guerra Barroso (Doutora em Produção Vegetal) -
UENF/LFIT



Pesquisadora. Dra. Maria Elizabeth Fernandes Correia (Doutora em
Agronomia) - Embrapa Agrobiologia (Coorientadora)



Profa. Dra. Dora Maria Villela (Doutora em Ecologia) - UENF/LCA (Orientadora)

“The thinning, changing, and elimination of forests – deforestation, no less – is not a recent phenomenon; it is as old as the human occupation of the earth, and one of the key processes in the history of our transformation of its surface”.

Michael Williams, do livro: “Deforesting the Earth: from prehistory to global crisis” (2002).

***Dedico este trabalho aos meus pais, sem
os quais nada teria sido possível.***

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que aqueles que, de maneira direta ou indireta, me apoiaram durante meu curso de doutorado.

Aos meus pais Iole e Sebastião, irmãs Rafaela e Ana Carolina e sobrinho Gabriel, por todo amor, carinho e suporte.

Aos meus padrinhos, Maria Aparecida e Luiz, por todo o carinho e apoio.

À prof^a Dora Maria Villela, pela orientação, ensinamentos e incentivo em todas as fases do doutorado.

À pesquisadora Maria Elisabeth Fernandes Correia da Embrapa Agrobiologia, pela co-orientação, ensinamentos e incentivo em todas as fases do doutorado.

Aos amigos de sempre: Welington Portugal, Robson Andrade, Willians Magalhães, Marcos Camara, Marcos Gervasio, Rômulo Giacomo, Fernando Alves, Flávia Bartoly, Carla Scansetti, Aline Areas e Sérgio Rangel, pela amizade, paciência, apoio e incentivo, sem os quais teria sido mais difícil a caminhada.

Aos amigos que fiz durante o curso de doutorado: em especial a Camilah Antunes Zappes e Aline Alves do Nascimento (fundamentais em vários momentos durante o doutorado); Geovana Girondi Delaqua, Vinícius Duncan Silva, Cinthia Pinheiro, Ingrid Leite, Euzimar Gomes da Silva e Ana Paula Silva (pela amizade, apoio incondicional no laboratório e/ou atividades no campo); Rafael Granvilla (pela amizade de sempre), Andréia Almeida Lopes de Deus, Karla Maria Pedra de Abreu Arcanjo, Diogo Fonseca da Rocha, Frederico Lage Pinto, Maria Angélica, Lígia Macabu Ribas e Eliliane Vasconcelos Corrêa (pela amizade e ótimo convívio durante as atividades acadêmicas), Elaine Bernini (pela amizade, paciência e disponibilidade para me ensinar um pouco mais de Estatística e a utilização do software estatístico que empreguei na tese), Jardel, Denilson, Juliana e Amanda, pela amizade e apoio em diversos momentos da “jornada”.

Aos professores do Laboratório de Ciências Ambientais.

Às professoras Ângela Pierre Vitória e Deborah Guerra Barroso, membros do meu Comitê de Acompanhamento (CA) e da banca de defesa de tese, por todo o apoio, críticas e sugestões.

Aos professores Maria Cristina Gaglianone, Deborah Guerra Barroso e Paulo Pedrosa Andrade, membros da banca de qualificação, pelas sugestões e críticas construtivas.

À professora Gabriela Bielefeld Nardoto, que gentilmente aceitou ser o membro externo da banca de defesa de tese.

Ao professor Paulo Pedrosa Andrade, pela revisão da tese.

À pesquisadora Janaína Ribeiro, da Embrapa Agrobiologia, pelas valiosas sugestões e ensinamentos sobre análises estatísticas do presente trabalho.

À secretária Edilma de Cássia da Silva Muniz e aos técnicos do Laboratório de Ciências Ambientais (LCA) Helmo Siqueira Carvalho, Gerson Rocha da Purificação, José Wanderley do Nascimento Degel, Cristiano Peixoto Maciel, Marcelo Gomes de Almeida, Arizole Antônio Rosa Gobo, Ana Paula Fernandes Pedrosa e Alcemi Cerqueira Viana, pela ajuda e dedicação nos trabalhos no campo/laboratório.

Ao técnico Roberto Silva, do Laboratório de Fauna do Solo da Embrapa Agrobiologia, pela amizade, paciência e ensinamentos.

À sede do Instituto Chico Mendes da Reserva Biológica União, pelo apoio logístico ao trabalho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) pelo financiamento do projeto Auxílio à Pesquisa (APQ1) E-26/170.824/2005 (“Efeito da remoção da serapilheira na regeneração de espécies arbóreas de Mata Atlântica de baixada em plantios de eucaliptos abandonados na Reserva Biológica União, Rio das Ostras, RJ”).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	XII
LISTA DE FIGURAS.....	XIV
RESUMO.....	XIX
ABSTRACT.....	XX
CAPÍTULO 1. Introdução geral.....	1
1.1. O papel da serapilheira na ciclagem de nutrientes.....	1
1.2. Relação entre serapilheira e regeneração natural de florestas nativas.....	3
1.3. Mata Atlântica.....	7
1.4. Contextualização dos plantios de eucalipto na Reserva Biológica União.....	8
1.5. Objetivos Gerais.....	9
1.6. Hipóteses Gerais.....	9
CAPÍTULO 2. Área de estudo.....	10
2.1. Localização e histórico da Reserva Biológica União.....	10
2.2. Características ambientais da Reserva Biológica União.....	11
2.3. Características dos plantios de <i>Corymbia citriodora</i> estudados na Reserva Biológica União.....	12
2.4. Estabelecimento da amostragem nos plantios de <i>Corymbia citriodora</i> estudados na Reserva Biológica União.....	16
2.5. Características da espécie <i>Corymbia citriodora</i>	16
CAPÍTULO 3. Influência da serapilheira sobre o <i>status</i> nutricional do solo e de folhas de espécies nativas de mata atlântica em regeneração natural, em plantios do eucalipto <i>Corymbia citriodora</i>.....	19
3.1. Introdução.....	19
3.2. Material e Métodos.....	22
3.2.1. Amostragem.....	22
Solo.....	22
Folhas.....	23
3.2.2. Análises químicas.....	26
Solo.....	26

Folhas.....	28
3.2.3. Análises de dados.....	28
3.3. Resultados.....	29
3.3.1. Efeito da serapilheira sobre os atributos químicos no solo superficial.....	29
3.3.2. Efeito da serapilheira sobre atributos químicos de folhas.....	32
3.3.3. Efeito do estágio de regeneração natural sobre os atributos químicos no solo superficial.....	34
3.4. Discussão.....	37
3.4.1. Efeito da serapilheira sobre os atributos químicos no solo superficial.....	37
3.4.2. Efeito da serapilheira sobre os atributos químicos de folhas.....	41
3.4.3. Efeito do estágio de regeneração natural sobre os atributos químicos no solo superficial.....	45
3.5. Conclusões.....	49
CAPÍTULO 4. Impacto da manipulação da serapilheira sobre a produção e aporte de nutrientes através da serapilheira, em plantios do eucalipto <i>Corymbia citriodora</i>, com regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas nativas de Mata Atlântica.....	51
4.1. Introdução.....	51
4.2. Material e Métodos.....	53
4.2.1. Amostragem.....	53
4.2.2. Análises químicas.....	54
4.2.3. Análises de dados.....	55
4.3. Resultados.....	57
4.3.1. Efeito da serapilheira.....	57
Produção anual de serapilheira.....	57
Concentração de carbono e nutrientes.....	63
Aporte de carbono e nutrientes.....	68
4.3.2. Efeito do estágio de regeneração natural.....	76
Produção anual de serapilheira.....	76

Concentração de carbono e nutrientes.....	78
Aporte de carbono e nutrientes.....	83
4.4. Discussão.....	87
4.4.1. Efeito da serapilheira.....	87
Produção anual de serapilheira.....	87
Concentração de carbono e nutrientes.....	92
Aporte de carbono e nutrientes.....	94
4.4.2. Efeito do estágio de regeneração natural.....	95
Produção anual de serapilheira.....	95
Concentração de carbono e nutrientes.....	99
Aporte de carbono e nutrientes.....	102
4.5. Conclusões.....	107
CAPÍTULO 5. Alterações na comunidade de artrópodes do solo em plantios do eucalipto <i>Corymbia citriodora</i> em função da presença/ausência da camada de serapilheira.....	109
5.1. Introdução.....	109
5.2. Material e Métodos.....	113
5.2.1. Amostragem.....	113
5.2.2. Identificação dos organismos e variáveis analisadas.....	114
5.2.3. Análises de dados.....	115
5.3. Resultados.....	115
5.3.1. Abundância total e Riqueza média.....	116
5.3.2. Riqueza total e Equabilidade.....	116
5.3.3. Abundância média de grupos.....	117
5.3.4. Participação percentual de grupos.....	120
5.3.5. Índice de Mudança (V).....	121
5.4. Discussão.....	124
5.5. Conclusões.....	130
DISCUSSÃO GERAL.....	131
Efeito da serapilheira sobre aspectos da dinâmica nutricional.....	131
Efeito do estágio de regeneração natural sobre aspectos da dinâmica nutricional.....	133

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	138
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139
ANEXOS.....	172

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características gerais dos plantios jovem (PJ) e maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> na Reserva Biológica União, RJ.....	15
Tabela 2. Variação de atributos químicos do solo superficial com o avançar da regeneração natural, em diferentes ecossistemas tropicais.....	46
Tabela 3. Produção anual de serapilheira total e frações ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) nos plantios Jovem (PJ) e maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ. Os valores indicam a média, seguida do desvio padrão (entre parênteses), entre 5 parcelas (3 coletores de $0,49m^2$ /parcela), na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010.....	58
Tabela 4. Serapilheira total anual produzida e correspondente participação percentual de folhas, em diferentes ecossistemas florestais.....	89
Tabela 5. Serapilheira total anual produzida e correspondente participação percentual de folhas, em ecossistemas florestais em diferentes estágios de regeneração natural.....	96
Tabela 6. Aporte de nutrientes ($kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) da serapilheira total anual produzida em ecossistemas florestais tropicais.....	106
Tabela 7. Categorias de inibição e estimulação dos grupos da fauna de solo em resposta ao processo de intervenção, com base no índice V (modificado de Wardle e Parkinson, 1991 e Correia <i>et al.</i> , 2003).....	115
Tabela 8. Abundância total (seguida do erro padrão) e riqueza média de artrópodes do solo no Plantio Jovem (PJ) e no Plantio Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , na presença (CS) e ausência (SS) de serapilheira, nas estações chuvosa e seca, na Reserva Biológica União, RJ.....	116
Tabela 9. Riqueza total e equabilidade de artrópodes do solo no Plantio Jovem (PJ) e no Plantio Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , na presença (CS) e ausência (SS) de serapilheira, nas estações chuvosa e seca, na Reserva Biológica União, RJ.....	117
Tabela 10. Abundância média (seguida do erro padrão) de grupos de artrópodes do solo nos plantios Jovem (PJ) e Maduro de <i>Corymbia citriodora</i> , na presença (CS) e	

ausência (SS) de serapilheira, nas estações chuvosa e seca, na Reserva Biológica União, RJ.....	119
Tabela 11. Distribuição percentual dos grupos taxonômicos de artrópodes do solo por categorias do Índice V, nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , em decorrência da remoção (SS) de serapilheira, nas estações chuvosa e seca, na Reserva Biológica União, RJ.....	122
Tabela 12. Categorias do índice V para a abundância total e de artrópodes do solo distribuídos nas guildas de saprófagos, predadores e micrófagos nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , em decorrência da remoção (SS) de serapilheira, nas estações chuvosa e seca, na Reserva Biológica União, RJ.....	123
Tabela 13. Variação de valores de abundância/densidade de artrópodes do solo em função da manipulação direta da serapilheira, em diferentes ecossistemas florestais.....	126

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Reserva Biológica União, no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: Ibama (2007).....	10
Figura 2. Temperatura média e pluviosidade total mensal na Reserva Biológica União, RJ. Dados coletados pela equipe do Programa de Translocação da Associação Mico-Leão-Dourado (AMLD).....	12
Figura 3. Disposição dos plantios jovem (PJ) e maduro (PM) do eucalipto <i>Corymbia citriodora</i> , assinalados como Plantios 3 e 1, respectivamente, na Reserva Biológica, RJ. Fonte: Ribeiro (2007).....	13
Figura 4. Aspecto da regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica no plantio Jovem (PJ) do eucalipto <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ. Fonte: Rodrigo Camara.....	14
Figura 5. Indivíduo adulto, folhas e inflorescências do eucalipto <i>Corymbia citriodora</i> . Fonte: Lorenzi <i>et al.</i> (2003).....	17
Figura 6. Indivíduos jovens de <i>Xylopia sericea</i> (a), <i>Siparuna guianensis</i> (b) e <i>Cupania oblongifolia</i> (c), em parcelas de presença de serapilheira (CS) no plantio Maduro (PM), e de <i>Myrsine coriacea</i> (d), em parcelas de remoção (SS) de serapilheira, no plantio Jovem (PJ) de <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ. Fonte: Rodrigo Camara.....	25
Figura 7. Atributos químicos do solo superficial (0-10 cm) nos plantios de <i>Corymbia citriodora</i> , que apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre a presença (CS) e remoção (SS) de serapilheira (*), na Reserva Biológica União, RJ, nas estações climáticas de 2008, 2009 e 2010. As barras representam valores da média geral dos plantios (PJ e PM) por tratamento, baseado nos anexos 5 e 6. Os valores de Ca e Mg são apenas para o PJ.....	31
Figura 8. Atributos químicos de folhas de espécies nativas de Mata Atlântica na regeneração natural nos plantios de <i>Corymbia citriodora</i> , que apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre a presença (CS) e remoção (SS) de serapilheira (*), na Reserva Biológica União, RJ. As barras representam valores da média geral dos plantios (PJ e PM) por tratamento, baseado nos anexos 5 e 6.....	33

Figura 9. Atributos químicos do solo superficial que apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os plantios jovem (PJ) e maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> (*), no tratamento com serapilheira (CS), na Reserva Biológica União, RJ. As barras representam valores da média geral dos plantios (PJ e PM) por tratamento, baseado nos anexos 5 e 6.....	36
Figura 10. Coletores de serapilheira dispostos em parcela de remoção (SS) de serapilheira, no plantio Jovem (PJ) de <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ. Fonte: Rodrigo Camara.....	53
Figura 11. Contribuição relativa das diferentes frações na produção anual da serapilheira total nos plantios Jovem (PJ) e maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ. Os valores indicam a média entre 5 parcelas (3 coletores de $0,49\text{m}^2/\text{parcela}$), na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010.....	59
Figura 12. Contribuição relativa de folhas de <i>Corymbia citriodora</i> e de folhas de espécies nativas de Mata Atlântica no total de folhas da serapilheira nos plantios Jovem (PJ) e maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ. Os valores indicam a média entre 5 parcelas (3 coletores de $0,49\text{m}^2/\text{parcela}$), na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010.....	60
Figura 13. Produção anual de serapilheira total, folhas de <i>Corymbia citriodora</i> , folhas de <i>Myrsine coriacea</i> , folhas de outras espécies nativas de Mata Atlântica, madeira e resto, ao longo de 366 dias amostrais no Plantio Jovem (PJ) de <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ ($\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$). Valores indicando a média entre 3 coletores de $0,49\text{m}^2/\text{parcela}$, distribuídos em cada uma das cinco parcelas de presença (CS) e remoção (SS) de serapilheira.....	61
Figura 14. Produção anual de serapilheira total e frações no Plantio Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ ($\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$), ao longo de 366 dias amostrais. Valores indicando a média entre 3 coletores de $0,49\text{m}^2/\text{parcela}$, distribuídos em cada uma das cinco parcelas de presença (CS) e remoção (SS) de serapilheira.....	62

- Figura 15.** Concentração de K e P da serapilheira total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre CS e SS. As barras representam valores da média geral dos plantios (PJ e PM) por tratamento, baseado no anexo 16.....64
- Figura 16.** Concentração de Ca, Mg, C e N totais e razão C/N da serapilheira total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre CS e SS. As barras representam valores da média geral dos plantios (PJ e PM) por tratamento, baseado no anexo 16.....65
- Figura 17.** Variação anual das concentrações de C e N totais e razão C/N da serapilheira total produzida nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), na Reserva Biológica União, RJ. Tempos agrupados: T1 = dez/09 a mar/10; T2 = abr a jul/10; T3 = ago a nov/10. *indica diferenças significativas entre CS e SS.....66
- Figura 18.** Variação anual das concentrações de P, K, Ca e Mg da serapilheira total produzida nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), na Reserva Biológica União, RJ. Tempos agrupados: T1 = dez/09 e jan/10; T2 = fev e mar/10; T3 = abr e mai/10; T4 = jun e jul/10; T5 = ago e set/10; T6 = out e nov/10. *indica diferenças significativas entre CS e SS.....67
- Figura 19.** Aporte de K, P e Mg da serapilheira total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre CS e SS. As barras representam valores da média geral dos plantios (PJ e PM) por tratamento, baseado no anexo 20.....69
- Figura 20.** Aporte de C e N totais e de Ca da serapilheira total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral

de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre CS e SS. As barras representam valores da média geral dos plantios (PJ e PM) por tratamento, baseado no anexo 20.....	70
Figura 21. Variação anual do aporte de C e N da serapilheira total produzida nos plantios Jovem (PJ - a) e Maduro (PM - b) de <i>Corymbia citriodora</i> , na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), na Reserva Biológica União, RJ. Tempos agrupados: T1 = dez/09 a mar/10; T2 = abr a jul/10; T3 = ago a nov/10. *indica diferenças significativas entre CS e SS.....	71
Figura 22. Variação anual do aporte de P, K, Ca e Mg da serapilheira total produzida nos plantios Jovem (PJ) e maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), na Reserva Biológica União, RJ. Tempos agrupados: T1 = dez/09 e jan/10; T2 = fev e mar/10; T3 = abr e mai/10; T4 = jun e jul/10; T5 = ago e set/10; T6 = out e nov/10. *indica diferenças significativas entre CS e SS.....	73
Figura 23. Contribuição percentual das frações de serapilheira anualmente produzida no aporte total de C, N, P, K, Ca e Mg no plantio Jovem (PJ) de <i>Corymbia citriodora</i> , na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), na Reserva Biológica União, RJ.....	74
Figura 24. Contribuição percentual das frações de serapilheira anualmente produzida no aporte total de C, N, P, K, Ca e Mg no plantio Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), na Reserva Biológica União, RJ.....	75
Figura 25. Produção anual de serapilheira total, folhas de <i>Corymbia citriodora</i> , folhas de outras espécies nativas de Mata Atlântica, madeira e resto, ao longo de 366 dias amostrais nos Plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ ($\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$). Valores indicando a média entre 3 coletores de $0,49\text{m}^2/\text{parcela}$, distribuídos em cada um dos plantios.....	77
Figura 26. Razão C/N, concentração de N total e P da serapilheira total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre PJ e PM.....	80

Figura 27. Concentração de K, Ca e Mg da serapilheira total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre PJ e PM.....	81
Figura 28. Variação anual da concentração de C e N totais e de nutrientes, e da razão C/N, da serapilheira total produzida nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ. Tempos agrupados: T1 = dez/09 a mar/10; T2 = abr a jul/10; T3 = ago a nov/10. *indica diferenças significativas entre PJ e PM.....	82
Figura 29. Aporte de C, N e P da serapilheira total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre PJ e PM.....	84
Figura 30. Aporte de K, Ca e Mg da serapilheira total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre PJ e PM.....	85
Figura 31. Variação anual do aporte de C, N, P, K, Ca e Mg da serapilheira total produzida nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ. Tempos agrupados: T1 = dez/09 a mar/10; T2 = abr a jul/10; T3 = ago a nov/10. *indica diferenças significativas entre PJ e PM.....	86
Figura 32. Armadilhas de queda (<i>pitfall traps</i>) em parcela de presença (CS = a) no Plantio Maduro (PM) e remoção de serapilheira (SS = b) no Plantio Jovem (PJ) do eucalipto <i>Corymbia citriodora</i> , na Reserva Biológica União, RJ. Fonte: Rodrigo Camara.....	113
Figura 33. Participação percentual dos grupos de artrópodes do solo na presença (CS) e remoção da serapilheira (SS), nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> , nas estações seca e chuvosa de 2010, na Reserva Biológica União, RJ.....	121

RESUMO

A regeneração natural de Mata Atlântica foi favorecida pela remoção da serapilheira, em plantios de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ. Entretanto, este manejo pode, em médio prazo, limitar a entrada de nutrientes no sistema solo-planta e, por este motivo, vir comprometer a regeneração natural. O presente estudo foi desenvolvido em plantios de *Corymbia citriodora* em diferentes estágios de regeneração de espécies nativas de Mata Atlântica, na Reserva Biológica União, com o objetivo de avaliar o efeito da remoção/presença da camada de serapilheira sobre a dinâmica nutricional. Testou-se a hipótese de que a presença da camada de serapilheira é responsável pela: manutenção da concentração de nutrientes no solo superficial (até a camada de 10 cm), e em folhas verdes maduras de quatro espécies arbóreas nativas (*Myrsine coriacea*, *Cupania oblongifolia*, *Siparuna guianensis* e *Xylopia sericea*) em três estágios de crescimento (plântulas, jovens e adultos); na produção da serapilheira; na manutenção da concentração e do aporte de nutrientes na serapilheira produzida; e na formação de uma comunidade de artrópodes mais complexa; em comparação com a remoção (ausência) da serapilheira. Foram selecionados os plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM), em estágio menos e mais avançado de regeneração natural, respectivamente. As coletas foram realizadas nas estações seca e chuvosa, no período de 2008 a 2010. O desenvolvimento da regeneração natural, de uma maneira geral, aumentou a concentração de nutrientes no solo e na serapilheira, a produção e o aporte de nutrientes da serapilheira. Os resultados obtidos demonstraram o efeito negativo da remoção da serapilheira sobre a dinâmica nutricional nas áreas de estudo, uma vez que, de uma maneira geral, ocorreu a depleção nutricional dos compartimentos solo-folhas-serapilheira, além da diminuição da abundância e riqueza da comunidade de artrópodes do solo, principalmente dos organismos saprófagos. Porém, este efeito foi mais severo no PJ do que no PM. Concluiu-se que, apesar da relativa baixa contribuição da serapilheira nos plantios de eucalipto, a sua manutenção foi importante para a dinâmica nutricional, principalmente no caso do PJ, onde grande parte deste material se deveu a *Corymbia citriodora*.

Palavras-chave: aporte de nutrientes; artrópodes do solo; ciclagem de nutrientes; eucalipto; Mata Atlântica; regeneração natural; serapilheira.

ABSTRACT

Natural regeneration of Atlantic Rainforest was favored by litter removal in *Corymbia citriodora* stands, at União Biological Reserve, RJ. However, this management may minimize nutrients input in soil-plant system, and therefore may threaten natural regeneration. This study was conducted at *Corymbia citriodora* stands in different natural regeneration stages of native Atlantic Rainforest, at União Biological Reserve, with the objective of evaluating the effect of litter removal / presence on the nutritional dynamics. The hypothesis that the presence of litter is responsible for the following processes was tested: the maintenance of nutrient concentrations in the topsoil (up to 10 cm depth), and in the mature green leaves of four native species (*Myrsine coriacea*, *Cupania oblongifolia*, *Siparuna guianensis* and *Xylopia sericea*) in three different growth stages (seedlings, juveniles and adults); in the litterfall production; in the litterfall nutrient concentrations and input; and formation of a more complex arthropods community; compared to the removal (absence) of litter. Young (PJ) and Mature (PM) stands were selected, which were in less and more advanced stage of natural regeneration, respectively. The sampling was performed in the dry and rainy seasons, from 2008 to 2010. In general, there was an increase in soil and litter nutrient concentrations, litterfall production and nutrient inputs, with the increase in the natural regeneration stages of the stands. The results demonstrated the negative effect of litter removal on the nutritional dynamic, since, generally, this management occasioned nutritional depletion in soil-leaf-litter compartments, besides decreasing in the abundance and richness of the soil arthropod community, especially saprophages. However, this effect was more severe in PJ than in PM. It was concluded that, despite the relatively low contribution of litter in eucalyptus plantations, their maintenance was important for the nutritional dynamics, especially in the case of PJ, where much of this material is due to *Corymbia citriodora*.

Key-words: Atlantic Forest; eucalypt; litter; nutrients cycling; nutrients input; natural regeneration; soil arthropods.

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. O papel da serapilheira na ciclagem de nutrientes

A importância da serapilheira para a entrada de nutrientes no solo, com sua consequente disponibilização para as plantas em virtude da decomposição e mineralização, já é conhecida em florestas tropicais (Vitousek, 1984; Vitousek e Sanford, 1986; Proctor, 1989; Deangelis, 1992; Attiwill e Adams, 1993; Clark *et al.*, 2001; Celentano *et al.*, 2011). Tal conhecimento se baseou em estimativas da concentração e aporte de nutrientes na serapilheira anualmente produzida (Singh, 1992; Dezzeo e Chacón, 2006; Wood *et al.*, 2009). Este tipo de estudo também foi realizado no Brasil, em diferentes fisionomias de Mata Atlântica (König *et al.*, 2002; Aidar e Joly, 2003; Vital *et al.*, 2004; Fernandes *et al.*, 2006; Villela *et al.*, 2006; França *et al.*, 2008; Espig *et al.*, 2009; Gomes *et al.*, 2010; Scheer *et al.*, 2011; Vogel *et al.*, 2012).

Contudo, são muito poucos os resultados provenientes de estudos que enfocaram a remoção da serapilheira, para investigar o seu papel direto na ciclagem de nutrientes, em ecossistemas florestais. Dentre estes, podem ser citados aqueles conduzidos em florestas nativas ou plantios florestais em regiões temperadas, como na Finlândia (Lindholm e Nummelin, 1983), EUA (Lopez-Zamora *et al.*, 2001), Polônia (Dzwonko e Gawronski, 2002a), Canadá (Matsushima e Chang, 2007), República Checa (Hofmeister *et al.*, 2008), China (Xiong *et al.*, 2008) e Austrália (Turner e Lambert, 2011). Comparativamente, há ainda menos estudos desta natureza em ecossistemas tropicais, como em florestas tropicais na Costa Rica (Wood e Lawrence, 2008; Wood *et al.*, 2009; Leff *et al.*, 2012), no Panamá (Sayer *et al.*, 2006; Sayer e Tanner, 2010; Sayer *et al.*, 2010; Sayer *et al.*, 2012), e em Cerrado *sensu stricto* no centro-oeste brasileiro (Villalobos-Vega *et al.*, 2011). E, por meio da manipulação da serapilheira em plantios de eucalipto com regeneração natural de florestas tropicais nativas, pode-se lançar luz à questão da contribuição da serapilheira de eucaliptos no funcionamento destes ecossistemas.

Este tipo de informação pode ratificar ou não as informações existentes a respeito da serapilheira dos eucaliptos. De uma maneira geral, este tipo de serapilheira, quando comparado com a serapilheira de outras espécies florestais, apresenta elevada razão C/N, como um reflexo de elevadas concentrações de C e

baixas concentrações de N (Binkley *et al.*; 1992; Rezende *et al.*, 2001; Garay *et al.*, 2003; Villela *et al.*, 2004; Gama-Rodrigues *et al.*, 2008b). A baixa concentração de nutrientes é proveniente da eficiente retranslocação de nutrientes dos tecidos vegetais senescentes dos eucaliptos, antes da queda da serapilheira (Attiwill, 1968; Khanna, 1998; Gama-Rodrigues e Barros, 2002).

Como resultado da baixa concentração de nutrientes, a serapilheira de eucaliptos é lentamente decomposta (O'Connell, 1988; Bernhard-Reversat, 1993; Rezende *et al.*, 2001; Souza e Davide, 2001; Das e Chaturvedi, 2003; Costa *et al.*, 2005; Barlow *et al.*, 2007; Parsons e Congdon, 2008; Diniz *et al.*, 2011). Este processo favorece o acúmulo de matéria orgânica pouco transformada no solo, como foi apontado nos plantios de *Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill e L. A. S. Johnson na Reserva Biológica União, no Estado do Rio de Janeiro (Miranda *et al.*, 2007).

Mas a lenta decomposição da serapilheira de eucaliptos é também uma função do elevado conteúdo de taninos (Bernhard-Reversat e Schwartz, 1997), condição esta que é tóxica para a fauna do solo decompositora (Pozo *et al.*, 1997). Desta maneira, o solo em plantios de eucalipto pode apresentar-se mais ácido e com menores concentrações de C e N totais, P, K e, principalmente, Ca e P, do que em plantios com outras espécies florestais e até mesmo áreas agrícolas (Lemenih *et al.*, 2004).

Apesar disto, a serapilheira de eucaliptos é uma importante via para a transferência de nutrientes para o solo (Guo e Sims, 1999; Dutta e Agrawal, 2001). De fato, recomenda-se que esta serapilheira, bem como todo o material orgânico obtido com o desbaste de árvores de eucalipto, seja mantido sobre a superfície do solo do respectivo plantio, uma vez que com este manejo se obtém o incremento das concentrações de nutrientes no solo (Kolm e Poggiani, 2003; Cunha *et al.*, 2005; Silva, 2009a).

Estudos de manipulação da serapilheira foram desenvolvidos na Reserva Biológica União, com enfoque no papel da presença / remoção da serapilheira sobre as concentrações totais de C e N e razão C/N no solo superficial, em plantios de *Corymbia citriodora* com regeneração de espécies nativas de Mata Atlântica (Freitas, 2008; Silva, 2011b). Contudo, ainda não há dados a respeito da influência da

serapilheira sobre a concentração de outros elementos minerais no solo, folhas e serapilheira, bem como sobre a produção de serapilheira, o aporte de nutrientes e a comunidade de artrópodes do solo, que atuam na decomposição da matéria orgânica do solo. Por meio destes será possível traçar um paralelo entre o papel da serapilheira de eucaliptos na ciclagem de nutrientes e sua influência indireta na dinâmica da regeneração natural de Mata Atlântica, na referida Reserva.

1.2. Relação entre serapilheira e regeneração natural de florestas nativas

A regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica em plantios abandonados de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União foi classificada como lenta, devido aos baixos valores de área basal, densidade, riqueza e diversidade de espécies nativas, quando comparado com o desenvolvimento deste processo no sub-bosque de diferentes espécies de eucalipto no Brasil, em florestas secundárias de Mata Atlântica no Estado do Rio de Janeiro e na mata nativa preservada da referida Reserva (Rabelo, 2003; Evaristo *et al.*, 2011).

Foi levantada a hipótese de que a serapilheira de *Corymbia citriodora* poderia funcionar como uma barreira físico-química, contra a germinação e estabelecimento de plântulas das espécies nativas nos plantios desta espécie de eucalipto, na Reserva Biológica União (Ribeiro, 2007). No entanto, este potencial papel dificultador da serapilheira não foi corroborado por Silva (2011a). De fato, esta autora demonstrou que não houve diferença entre os tratamentos de presença e remoção da serapilheira sobre a mortalidade, crescimento em diâmetro do caule, número de folhas e biomassa da parte aérea de mudas de *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze; *Acacia polyphylla* (DC.); *Tabebuia heptaphylla* (Vell.); e *Piptadenia gonoacantha* (Mart.), as quais foram plantadas em ambos os tratamentos. Para confirmar este padrão, o mesmo estudo notou que o percentual de germinação de sementes de *Cariniana legalis*, *Tabebuia heptaphylla* e *Schinus terenbithifolius* Raddi na semeadura à lanço foi maior na presença do que na remoção da serapilheira. O poder inibitório da serapilheira de *Corymbia citriodora* na regeneração natural foi sugerido apenas no caso de sementes de *Cordia sellowiana* (Cham.) semeadas por enterrio (profundidade de 2 cm), situação em que o percentual de germinação foi maior na remoção do que presença de serapilheira.

No que se refere à hipótese de barreira física, a camada de serapilheira, de uma maneira geral, pode diminuir o índice de radiação que alcança as sementes dispostas na superfície do solo em florestas e, por este motivo, acarretaria numa baixa densidade de plântulas de espécies pioneiras ou intolerantes à sombra, independentemente do tamanho das sementes (Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1992; Makana e Thomas, 2005). Isto porque estas espécies necessitam receber a radiação solar direta para que suas sementes germinem (Facelli e Pickett, 1991a; Molofsky e Augspurger, 1992). E a severidade deste quadro é aumentada conforme aumentam a espessura da camada de serapilheira (Sydes e Grime, 1981a; Collins e Good, 1987) e diminui o coeficiente de transmitância deste material (Facelli e Pickett, 1991b).

E, mesmo que as sementes dispostas sob a serapilheira germinem, a efetiva emergência das plântulas pode ser comprometida pela mesma. Tal situação ocorre quando a parte aérea das plântulas não consegue atravessar a camada de serapilheira, em florestas (Sydes e Grime, 1981a; Sydes e Grime, 1981b; Facelli e Pickett, 1991a; Vellend *et al.*, 2000). Com isto, as plântulas apresentam baixa capacidade de sobreviver (Barrett, 1931). Quanto maior é a espessura da camada de serapilheira, mais forte é o efeito deste impedimento físico contra a emergência de plântulas (Caccia e Ballaré, 1998; Ibáñez e Schupp, 2002). Além disto, a camada de serapilheira aumenta a distância entre as sementes e o solo, o que pode impedir que estas entrem em contato com a umidade do solo, que é importante para a germinação (Facelli e Pickett, 1991a). Por outro lado, mesmo que as sementes germinem, a serapilheira também é capaz de impedir que a radícula das plântulas dispostas sobre a camada de serapilheira alcancem o solo (Cierjacks *et al.*, 2007).

Contudo, tanto o impedimento da emergência quanto do contato da radícula de plântulas como o solo são bem mais notáveis no caso de espécies que apresentam sementes pequenas, pois estas possuem quantidade de reserva energética bem menor do que as espécies provenientes de sementes grandes, o que pode ser insuficiente para que as plântulas formadas a partir daquelas consigam transpor a serapilheira ou que sua radícula alcance o solo, entrem em contato com a umidade deste e consigam se estabelecer (Molofsky e Augspurger, 1992; Vázquez-Yanes e Orozco-Segovia, 1992; Myster, 1994; Walters e Reich, 2000; Dzwonko e

Gawronski, 2002b). Portanto, alguns trabalhos apontaram que espécies florestais com sementes pequenas apresentam maiores chances de colonizar áreas perturbadas como clareiras, onde geralmente a serapilheira presente na superfície do solo é menos densa do que no solo do interior de florestas não-perturbadas, ambientes nos quais as espécies florestais com sementes maiores é que têm a capacidade de se estabelecer (Molofsky e Augspurger, 1992; Kostel-Hughes *et al.*, 2005).

Quanto à hipótese da serapilheira funcionar como barreira química, tal fato se baseou em estudos que apontaram que a serapilheira de eucaliptos apresentou potencial alelopático, como foi observado em ensaios realizados em laboratório, para a serapilheira de híbridos de eucalipto (Bernhard-Reversat, 1999); *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. e *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden (Sanginga e Swift, 1992); *Eucalyptus globulus* Labill. (Souto *et al.*, 2001); *Eucalyptus tereticornis* Smith e *Corymbia citriodora* (Sivagurunathan *et al.*, 1997); *Eucalyptus microtheca* F. Muell e *Eucalyptus polycarpa* F. Muell (Sasikumar *et al.*, 2001). Estudos em condições de campo também mostraram que, devido ao efeito alelopático da serapilheira de eucaliptos, a comunidade de plantas nativas de floresta subtropical presentes na regeneração natural apresentou baixa diversidade, no sub-bosque de plantios monoespecíficos de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake (Zhang e Fu, 2009) e de *Eucalyptus grandis* (Zhang *et al.*, 2010). No caso de *Corymbia citriodora*, verificou-se que a ação alelopática também está presente em folhas verdes (Batish *et al.*, 2004; Setia *et al.*, 2007).

A serapilheira de eucaliptos, por contribuir pouco para a ciclagem biogeoquímica de nutrientes, em função da baixa concentração de nutrientes, elevada razão C/N e lenta decomposição (Gama-Rodrigues e Barros, 2002; Garay *et al.*, 2003; Villela *et al.*, 2004; Gama-Rodrigues *et al.*, 2008b; Parsons e Congdon, 2008; Diniz *et al.*, 2011), também pode ser apontada como uma barreira química contra a regeneração natural de espécies nativas. Quando a dinâmica nutricional não é favorecida, ocorrem falhas na regeneração natural de florestas nativas (Engel e Parrotta, 2003).

Nos plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva, aproximadamente metade de toda a serapilheira anualmente produzida é constituída por folhas desta espécie de

eucalipto (Tesch, 2005). Com a remoção da serapilheira, diminuiu a mortalidade da comunidade de plântulas e aumentou a densidade de plântulas de *Xylopia sericea* A. St. - Hil. e *Siparuna guianensis* Aubl., que são as duas espécies arbóreas nativas mais representativas na regeneração natural, em um plantio de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União (Ribeiro, 2007). Um possível motivo seria o potencial alelopático que o extrato da serapilheira de *Corymbia citriodora* apresentou sobre o crescimento e sobrevivência de algumas espécies arbóreas de Mata Atlântica, como *Lecythis pisonis* Camb. e *Plathymenia reticulata* Benth., que foi comprovado em condições de casa de vegetação (Aleixo, 2009).

Plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva com dossel mais fechado, e estágio de regeneração natural mais avançado, apresentaram menores valores de luminosidade e maior conteúdo de umidade do solo do que aqueles com dossel mais aberto, e em estágio de regeneração mais avançado (Evaristo, 2008). Portanto, a remoção de todas as árvores pode resultar em um dossel mais aberto, o qual ocasiona alterações microclimáticas que podem não ser favoráveis à regeneração natural, na área dos plantios.

Concomitante à retirada total destes eucaliptos, também é excluído o material que mais tarde se constituiria na serapilheira. Esta situação também é capaz de modificar as condições microclimáticas. Foi demonstrado, em uma floresta tropical no Panamá, que a manutenção de uma espessa camada de serapilheira diminuiu a radiação solar direta e, por este motivo, favoreceu a germinação de sementes de espécies tolerantes à sombra, em comparação com a remoção de serapilheira (Molofsky e Augspurger, 1992). Além disto, a remoção da serapilheira diminuiu o conteúdo de umidade do solo, o que desfavoreceu a regeneração natural de floresta Amazônica, em Manaus (Ganade e Brown, 2002).

Sabe-se que a remoção da serapilheira tende a diminuir, em médio e, principalmente, longo prazo (acima de dez anos), a entrada de nutrientes para o sistema solo-planta, o que pode causar impactos negativos no funcionamento de ecossistemas florestais (Sayer, 2006). E isto pode ocorrer nos plantios de *Corymbia citriodora* da Reserva. Estudos demonstraram que a remoção da serapilheira ocasionou a depleção do *status* nutricional do solo em florestas tropicais na Costa Rica (Wood *et al.*, 2009); no Panamá (Sayer e Tanner, 2010); e em Cerrado *sensu*

stricto no centro-oeste brasileiro (Villalobos-Vega *et al.*, 2011). Como reflexo da remoção, houve diminuição da concentração de nutrientes em folhas verdes e na serapilheira, bem como do aporte de nutrientes na serapilheira produzida, conforme observado em florestas tropicais no Panamá (Sayer e Tanner, 2010).

Na remoção de serapilheira em um plantio de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União, indivíduos de *Xylopia sericea* e *Siparuna guianensis* apresentaram folhas com coloração amarelada (Pinto, 2012). Aliado à baixa fertilidade do solo dos plantios de *Corymbia citriodora* nesta Reserva (Miranda *et al.*, 2007), este fato sugeriu que a serapilheira pode apresentar papel primordial na nutrição das plantas nativas de Mata Atlântica, no sub-bosque destes plantios. Isto foi corroborado para as concentrações de C e N totais no solo superficial (até a profundidade de 10 cm), as quais foram menores na remoção do que na presença da serapilheira (Freitas, 2008; Silva, 2011b).

Este quadro demonstra a necessidade da continuidade destes estudos, cujos resultados podem embasar a tomada de decisões mais adequadas quanto ao manejo dos eucaliptais presentes na Reserva, de modo a favorecer a regeneração natural de Mata Atlântica na área.

1.3. Mata Atlântica

A Mata Atlântica, que é a segunda maior floresta pluvial tropical do continente americano, ocupava originalmente toda a costa do Brasil (Tabarelli *et al.*, 2005). Entretanto, atualmente restam apenas fragmentos florestais deste bioma (Myers *et al.*, 2000; Sá-Rocha *et al.*, 2002), os quais, em sua grande maioria, são pequenos e encontram-se desconectados, perturbados e estão contidos em amplas matrizes fortemente antropizadas (Fundação SOS Mata Atlântica, 2002). Dentre os fatores que contribuíram para esta realidade, destacam-se a superexploração dos recursos naturais (madeira, lenha, frutos, caça) e da terra (atividades agrícolas, pecuárias e silviculturais) pelo homem (Dean, 1996).

No caso do Estado do Rio de Janeiro, cujo território foi praticamente 100% ocupado pelo bioma Mata Atlântica, restam aproximadamente 20% de sua cobertura original, sendo que grande parte destes remanescentes se localizam em áreas montanhosas da Serra do Mar, com altitude média superior à 500 m (Fundação SOS Mata Atlântica, 2010). Apesar disto, o bioma como um todo guarda uma das maiores

biodiversidades do planeta (Peixoto, 1992), pois abriga mais de 8.000 espécies endêmicas de plantas vasculares, anfíbios, répteis, aves e mamíferos (Myers *et al.*, 2000). No caso das Angiospermas, estima-se que o endemismo gire em torno de mais de 6.000 espécies (Werneck *et al.*, 2011). Além disto, Desta maneira, a Constituição Federal de 1988 conferiu à Mata Atlântica o *status* de Patrimônio Nacional.

Com o objetivo de proteger este bioma, que é uma das questões ambientais de maior relevância atualmente, tem sido criadas algumas unidades de conservação no país, e uma delas é a Reserva Biológica União, no Estado do Rio de Janeiro.

1.4. Contextualização dos plantios de eucalipto na Reserva Biológica União

Antes da sua criação em 1998, a área da Reserva Biológica União foi propriedade particular na década de 1930 e, na década de 1960, tornou-se propriedade da Rede Ferroviária Federal (RFFSA). Ao longo deste processo, parte de sua vegetação nativa foi desmatada e foram implantados plantios de eucalipto, como da espécie *Corymbia citriodora*, dentre outras, que apresentam diferentes idades. Entretanto, como esta categoria de unidade de conservação faz parte do grupo de proteção integral, toda a área da reserva deve estar o mais livre possível da interferência humana. Desta maneira, os recursos naturais que ela encerra devem ser mantidos em seu estado original.

Neste contexto, o artigo 5º do Decreto de 22 de abril de 1998, que criou a Reserva Biológica União, previu a erradicação dos plantios de eucalipto existentes no seu perímetro, cuja madeira deverá ser utilizada para atividades da própria Reserva ou de outras unidades de conservação federais, ou vendida, com aplicação dos recursos arrecadados na implantação da própria Reserva e, principalmente, na regeneração e recomposição da vegetação original. Alguns destes plantios não apresentam sub-bosque, enquanto que em outros ocorre a regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica, em diferentes estágios de desenvolvimento.

O plano de manejo da Reserva assegura o desenvolvimento de projetos de pesquisa científica pela Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), os quais devem contribuir para o manejo dos plantios de eucalipto presentes nesta unidade de conservação. Por este motivo, têm sido conduzidos estudos por esta

universidade, com diferentes enfoques ecológicos, em alguns plantios de eucalipto na Reserva Biológica União. Neste sentido, avaliou-se a influência de plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União sobre a herbivoria (Nascimento *et al.*, 2011), a capacidade fotossintética (Pinto, 2012) e a regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica (Rabelo, 2003; Ribeiro, 2007; Evaristo *et al.*, 2011; Silva, 2011a), além de alguns aspectos da ciclagem de nutrientes nos plantios do referido eucalipto (Villela *et al.*, 2001a; Villela *et al.*, 2004; Tesch, 2005; Miranda *et al.*, 2007; Freitas, 2008; Silva, 2011b).

1.5. Objetivos gerais

Visando preencher uma lacuna de conhecimento existente, o presente estudo objetivou avaliar o efeito da remoção / presença da camada de serapilheira sobre os nutrientes no solo, folhas, serapilheira e na complexidade da estrutura e composição da comunidade de artrópodes do solo, em plantios de *Corymbia citriodora* em diferentes estágios de regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica, na Reserva Biológica União, RJ. De maneira complementar, este estudo também objetivou avaliar o efeito do estágio da regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica sobre os atributos químicos do solo superficial e da serapilheira, em plantios do eucalipto *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União, RJ.

1.6. Hipóteses gerais

As hipóteses a serem testadas foram:

(1) a presença da camada de serapilheira sobre a superfície do solo é necessária para a manutenção da dinâmica de nutrientes nos plantios do eucalipto *Corymbia citriodora*, em regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica, na Reserva Biológica União, RJ;

(2) o incremento do desenvolvimento do estágio de regeneração natural, condicionado à maior participação de espécies nativas de Mata Atlântica, favorece a dinâmica de nutrientes nos plantios do eucalipto *Corymbia citriodora*, em regeneração natural, na Reserva Biológica União, RJ.

CAPÍTULO 2. Área de estudo

2.1. Localização e histórico da Reserva Biológica União

A Reserva Biológica União localiza-se na região de baixadas litorâneas e pertence às bacias hidrográficas dos Rios das Ostras, São João e Macaé, cuja sede administrativa apresenta as coordenadas 22° 27' 30"S e 42° 02' 15"W. Esta reserva estende-se pelos municípios de Rio das Ostras, Casimiro de Abreu e Macaé, no Estado do Rio de Janeiro (Ibama, 2007) (Figura 1).

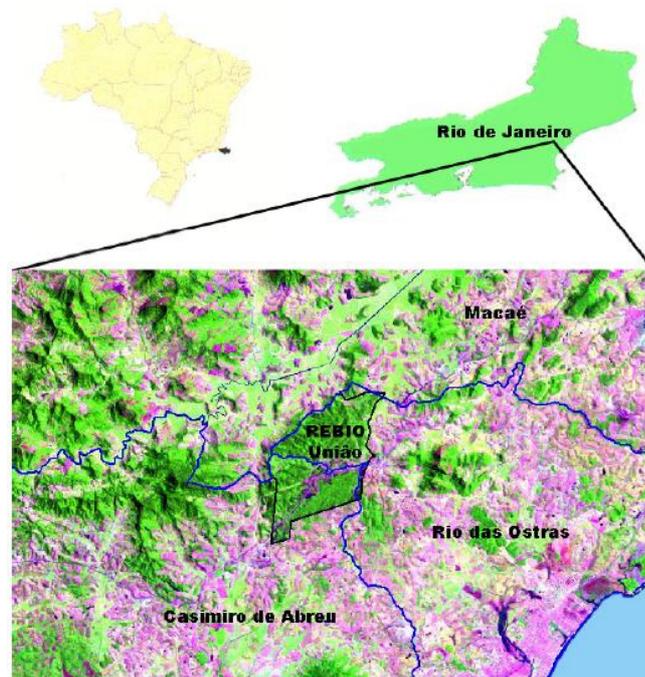


Figura 1. Localização da Reserva Biológica União, no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: Ibama (2007).

Na década de 1930, a área da Reserva Biológica União foi uma propriedade particular denominada Fazenda União, na qual parte de sua vegetação nativa de Mata Atlântica foi desmatada para atender à demanda energética de locomotivas a vapor. Posteriormente, na década de 1960, tal fazenda se tornou propriedade da Rede Ferroviária Federal (RFFSA) e, para atender à referida demanda, nela passaram a ser implantados plantios de *Eucalyptus grandis*. Na década de 1970, com a substituição destas locomotivas por trens elétricos, passaram a ser implantados plantios do eucalipto *Corymbia citriodora*, com o objetivo de se obter dormentes para a sustentação da malha ferroviária. Em 1992, iniciou-se o processo de privatização da RFFSA, o qual foi consolidado em 1996. Neste ano, a Fazenda

União foi colocada à venda (Evaristo *et al.*, 2011). Este fato chamou a atenção da sociedade civil e da comunidade científica, que passou a exercer pressão para que a fazenda se constituísse numa unidade de conservação. Isto porque a área foi, no passado, *habitat* natural do primata *Leontopithecus rosalia* L.(mico-leão-dourado), uma espécie ameaçada de extinção. Desta maneira, na área em questão foi criada a Reserva Biológica União, por força do Decreto de 22 de abril de 1998 (Ibama, 2007).

Desta maneira, a Reserva Biológica União, cuja área total é de aproximadamente 3.100 ha, é constituída por um mosaico de diferentes usos do solo: 2.400 ha (76,9% da área total da reserva) são cobertos por vegetação nativa de Mata Atlântica; 215 ha (6,9%) por plantios abandonados de eucalipto com diferentes idades; 300 ha (9,6%) por campos e pastagens; e 160,2 ha (5,1%) por estradas, linhas de torres com energia elétrica de alta tensão, gasoduto e torre de comunicação da Embratel (Ribeiro, 2007). Com relação à mata nativa, aproximadamente 500 ha encontram-se ao sul da BR-101, e o restante, 1900 ha, ao norte da referida rodovia (Rabelo, 2003; Ribeiro, 2007). Há um total de 47 plantios de eucalipto na Reserva Biológica União, os quais apresentam área compreendida entre 0,21 e 16,36 ha e uma grande variedade de espaçamento entre indivíduos. Tais plantios possuem diferentes idades, pois foram implantados entre os anos de 1960 e 1993 (Ibama, 2007).

2.2. Características ambientais da Reserva Biológica União

O clima predominante na região é o tropical úmido (Nimer, 1979). No ano de 2008, foram registradas a temperatura média anual de 22 °C e a pluviosidade total anual aproximada de 2.337 mm ano⁻¹, sendo que 94% de toda a pluviosidade se concentrou nos meses de setembro a abril. Em 2009, a temperatura média anual foi de 23 °C e a pluviosidade total anual aproximada de 1.987 mm ano⁻¹, com a ocorrência de 91% de toda a pluviosidade entre os meses de setembro a abril (Figura 2).

O relevo local é ondulado e faz parte da Unidade Geomorfológica Colinas e Maciços Costeiros, a qual apresenta perfil arredondado (tipo “meias laranjas”) e baixadas aluvionares que sofrem encharcamento no período chuvoso (RadamBrasil, 1983). A mata nativa se desenvolve em Cambissolo Háplico Tb distrófico argissólico e em Gleissolo Háplico Tb distrófico argissólico, nas áreas de morrote (perfil

arredondado do relevo) e nas baixadas alagáveis, respectivamente, enquanto que o solo dos plantios de eucalipto é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico latossólico (Miranda *et al.*, 2007).

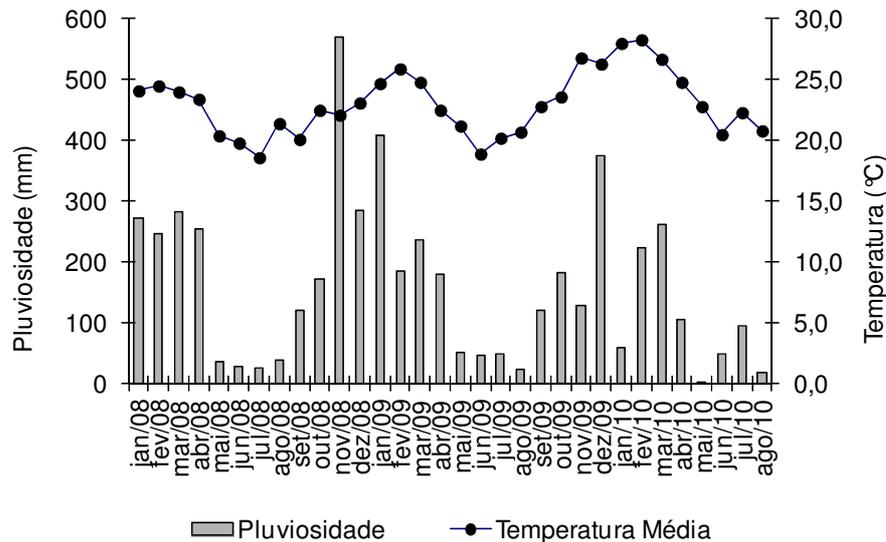


Figura 2. Temperatura média e pluviosidade total mensal na Reserva Biológica União, RJ. Dados coletados pela equipe do Programa de Translocação da Associação Mico-Leão-Dourado (AML D).

A vegetação na Reserva Biológica União é caracterizada pelas formações de terra baixa e submontana, cuja classificação é Floresta Ombrófila Densa (Veloso *et al.*, 1991). A vegetação local predominante é de Mata Atlântica *strictu sensu* de baixada, que se apresenta em bom estado de preservação (Rodrigues, 2004; Carvalho *et al.*, 2008). O estudo do referido autor demonstrou que a comunidade arbórea nativa da Reserva Biológica União é uma das mais ricas da Mata Atlântica, com elevada diversidade funcional e de espécies, além de grande biomassa.

2.3. Características dos plantios de *Corymbia citriodora* estudados na Reserva Biológica União

Para a realização do presente estudo foram selecionados dois plantios de *Corymbia citriodora*: Plantio Jovem (PJ) e Plantio Maduro (PM). Na imagem de satélite abaixo, estes dois plantios estão assinalados como Plantios 3 e 1,

respectivamente, e destacados com setas (Figura 3), sendo que os demais plantios de *Corymbia citriodora* presentes na imagem, os plantios 2, 4 e 5, foram objeto de outro estudo (Evaristo *et al.*, 2011).

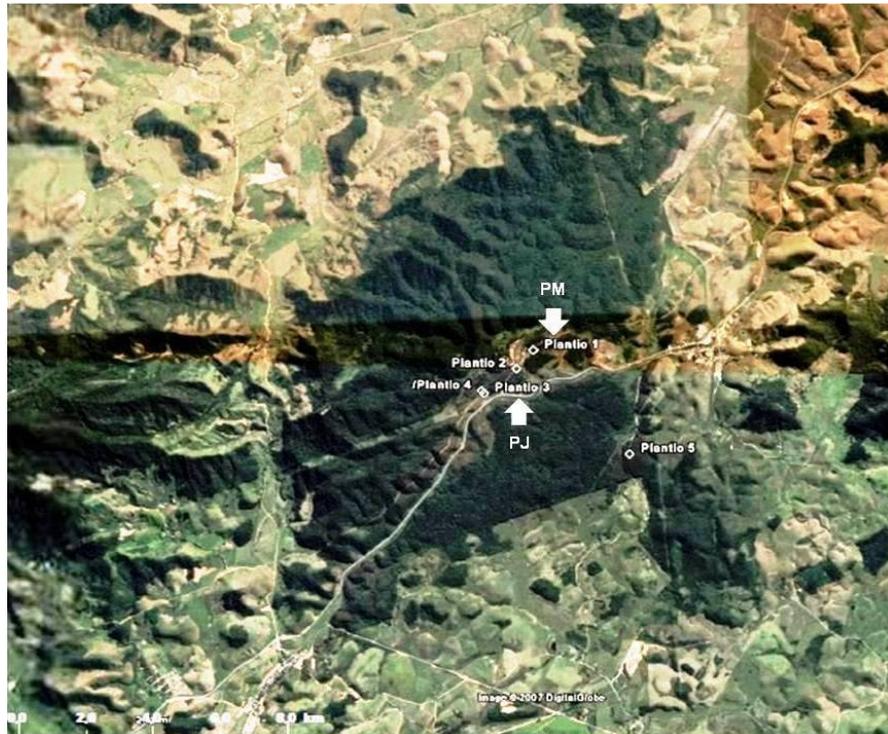


Figura 3. Disposição dos plantios jovem (PJ) e maduro (PM) do eucalipto *Corymbia citriodora*, assinalados como Plantios 3 e 1, respectivamente, na Reserva Biológica, RJ. Fonte: Ribeiro (2007).

Ambos os plantios se encontram a aproximadamente 400 m da mata nativa do entorno (Ribeiro, 2007), foram implantados em Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico latossólico (Miranda *et al.*, 2007) e apresentam textura argilo-arenosa (Ibama, 2007). No momento de sua implantação, o solo nos plantios recebeu calagem e fertilização com NPK (Villela *et al.*, 2001). Contudo, ambos os plantios estão abandonados, isto é, sem práticas silviculturais, desde 1996 (Villela *et al.*, 2001; Evaristo *et al.*, 2011). Desta maneira, se iniciou o processo de regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica no sub-bosque dos plantios de eucalipto (Figura 4), sendo que no PM esta dinâmica está bem mais avançada do que no PJ (Evaristo *et al.*, 2011).



Figura 4. Aspecto da regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica no plantio Jovem (PJ) do eucalipto *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ. Fonte: Rodrigo Camara.

O PJ foi implantado em 1991, enquanto que o PM, em 1968 (Ribeiro, 2007), com espaçamento entre árvores de 1,5 x 3,0 m e 3,0 x 3,0 m, respectivamente (Rabelo, 2003). O PJ, cuja área total é de 7,20 ha, apresenta relevo levemente inclinado a inclinado, ao passo que o PM, com área de 11,44 ha, possui relevo levemente inclinado (Ibama, 2007).

As características gerais do PJ e do PM são apresentadas na Tabela 1. Estes plantios foram escolhidos para agregar conhecimentos ecológicos àqueles já levantados por outros estudos (Villela *et al.*, 2001; Rabelo, 2003; Ribeiro, 2004; Villela *et al.*, 2004; Tesch, 2005; Miranda *et al.*, 2007; Ribeiro, 2007; FREITAS, 2008; Evaristo *et al.*, 2011; Nascimento *et al.*, 2011; Silva, 2011).

Tabela 1. Características gerais dos plantios jovem (PJ) e maduro (PM) de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União, RJ

Características gerais	PJ	PM	REFERÊNCIA
Dossel	Copa dos eucaliptos	Copa dos eucaliptos	Ibama (2007)
Cobertura dossel (%)	44,1 (fev/2007); 57,2 (ago/2007)	76,7 (fev/2007); 77,9 (ago/2007)	Evaristo (2008)
Radiação solar ($\mu\text{mol s}^{-1}$)	781,0 (fev/2007); 880,6 (ago/2007)	94,5 (fev/2007); 184,4 (ago/2007)	Evaristo (2008)
Temperatura média ar ($^{\circ}\text{C}$)	39,8 (fev/2007); 37,5 (ago/2007)	35,9 (fev/2007); 29,5 (ago/2007)	Evaristo (2008)
Umidade relativa ar (%)	41,1 (fev/2007); 40,3 (ago/2007)	53,4 (fev/2007); 47,9 (ago/2007)	Evaristo (2008)
Temperatura média do solo ($^{\circ}\text{C}$)	18,4 (fev/2007); 17,1 (ago/2007)	18,7 (fev/2007); 13,6 (ago/2007)	Evaristo (2008)
Umidade do solo (%)	17,4 (fev/2007); 12,3 (ago/2007)	17,5 (fev/2007); 14,4 (ago/2007)	Evaristo (2008)
Densidade de árvores nativas adultas (≥ 5 cm DAP; indivíduos ha^{-1})	10	1010	Evaristo <i>et al.</i> (2011)
Número de famílias de árvores nativas adultas (≥ 5 cm DAP)	1	12	Evaristo <i>et al.</i> (2011)
Riqueza de árvores nativas adultas (≥ 5 cm DAP)	1	17	Evaristo <i>et al.</i> (2011)
Diversidade de árvores nativas adultas (Índice de Shannon)	0	2,1	Evaristo <i>et al.</i> (2011)
Densidade de jovens nativos (< 5 cm DAP; indivíduos ha^{-1})	1.260	8.780	Evaristo (2008)
Densidade de plântulas de nativas (altura ≤ 50 cm; indivíduos ha^{-1})	680	14.320	Evaristo (2008)
Produção total anual de serapilheira ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$)	4,8	10,6	Tesch (2005)
Participação de folhas de <i>Corymbia citriodora</i> na serapilheira total (%)	51	45	Tesch (2005)
Participação de folhas de espécies nativas na serapilheira total (%)	0,4	19	Tesch (2005)
Espessura da camada de serapilheira (cm)	2	4	Evaristo (2006)
Concentração de N total (%) no estoque de serapilheira	0,42	0,74	Villela <i>et al.</i> (2004)
Razão C/N no estoque de serapilheira	114	74	Villela <i>et al.</i> (2004)
Concentração de C total (%) na camada de 0-10 cm de solo	2,26	2,28	Villela <i>et al.</i> (2001)
	-	2,83	Freitas (2008)
	2,24*	2,72**	Silva (2011b)
Concentração de N total (%) na camada de 0-10 cm de solo	0,13	0,31	Villela <i>et al.</i> (2001)
	-	0,34	Freitas (2008)
	0,13*	0,20**	Silva (2011b)
Razão C/N na camada de 0-10 cm de solo	18	9	Villela <i>et al.</i> (2001)
	-	9	Freitas (2008)
	32*	20**	Silva (2011b)
Concentração de K (mmol/kg) na camada de 0-10 cm de solo	0,36	0,72	Villela <i>et al.</i> (2001)
Concentração de Ca (mmol/kg) na camada de 0-10 cm de solo	27,36	0,53	Villela <i>et al.</i> (2001)
Concentração de Mg (mmol/kg) na camada de 0-10 cm de solo	18,39	1,40	Villela <i>et al.</i> (2001)
Concentração de Mn (mmol/kg) na camada de 0-10 cm de solo	0,05	0,02	Villela <i>et al.</i> (2001)
pH (H_2O) na camada de 0-10 cm de solo	6,11	4,49	Villela <i>et al.</i> (2001)

*média geral das camadas nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm, de quatro estações climáticas. **média geral das camadas nas profundidades de 0-5 cm e 5-10 cm, de três estações climáticas.

2.4. Estabelecimento da amostragem nos plantios de *Corymbia citriodora* estudados na Reserva Biológica União

No PJ e no PM foram estabelecidas aleatoriamente cinco parcelas de 10 m x 20 m (200 m²), totalizando 1.000 m² (0,1 ha) (Rabelo, 2003). Nestas, a camada de serapilheira sobre a superfície do solo tem sido mantida, cujo tratamento foi denominado daqui em diante “com serapilheira” (CS). Em contrapartida, foram estabelecidas cinco parcelas de 5 m x 20 m (100 m²), totalizando 500 m² (0,05 ha), intercaladas às parcelas com serapilheira (Ribeiro, 2007), nas quais a camada de serapilheira tem sido removida manualmente com o auxílio de ancinhos de jardinagem, uma vez por mês, desde agosto/2004. Este corresponde ao tratamento de remoção ou “sem serapilheira” (SS).

Entre as parcelas de CS e SS há um corredor de isolamento com 1 m de largura, cuja finalidade é evitar interferências de um tratamento sobre o outro (Ribeiro, 2007). Para padronizar o tamanho das parcelas em ambos os tratamentos, no presente estudo foram consideradas como unidade amostral a área total de 5 m x 20 m em cada parcela. As coletas de todo o material foram realizadas a partir de 1 m da borda das parcelas para o seu interior, com a finalidade de eliminar quaisquer interferências de um tratamento sobre o outro (Ribeiro, 2007).

2.5. Características da espécie *Corymbia citriodora*

Após uma revisão taxonômica recente, com base em caracteres morfológicos e moleculares, houve uma reclassificação do gênero *Eucalyptus*. Assim, algumas espécies que antes pertenciam a este gênero, como *Eucalyptus citriodora* Hook., foram incluídas em um novo gênero, *Corymbia*. Anteriormente, *Corymbia* era considerado um subgênero de *Eucalyptus* (Hill e Johnson, 1995). A partir daí, a espécie passou a ser conhecida cientificamente como *Corymbia citriodora*. Contudo, o termo genérico “eucalipto” é empregado para denominar popularmente espécies que pertencem a três gêneros, da família Myrtaceae: *Eucalyptus*, *Corymbia* e *Angophora* (Araújo *et al.*, 2002), em virtude das semelhanças existentes entre as espécies destes gêneros (Hill e Johnson, 1995).

Corymbia citriodora é uma árvore perenifólia, de ocorrência natural na Austrália, popularmente conhecida no Brasil como “eucalipto-limão”, cujo porte adulto atinge de 15 a 30 m de altura (Lorenzi *et al.*, 2003) (Figura 5). A área

estimada de plantio de *Corymbia citriodora* no Brasil é de 85.000 ha, com maior concentração nos estados de Minas Gerais e São Paulo (Vieira, 2004).



Figura 5. Indivíduo adulto, folhas e inflorescências do eucalipto *Corymbia citriodora*. Fonte: Lorenzi *et al.* (2003).

Das folhas de *Corymbia citriodora* se extrai um óleo essencial, cujo componente principal é o citronelal. Portanto, tal espécie de eucalipto é a mais difundida mundialmente, para atender à demanda de indústrias de perfumaria e de desinfetantes (Vitti e Brito, 2003). No Brasil, esta espécie de eucalipto é uma das principais espécies plantadas com a finalidade de extração de óleo essencial, de modo que o país é considerado o maior produtor mundial de tal óleo, com produção estimada de 1.200 t, para 2004 (Vieira, 2004).

Entretanto, esta espécie de eucalipto também apresenta outras utilidades: pasto apícola, obtenção de lenha, carvão, postes e moirões (Oliveira *et al.*, 2000). Além disto, também pode ser empregada na arborização de vias rurais, na construção civil e na fabricação de móveis, devido à dureza de sua madeira (Lorenzi *et al.*, 2003).

A madeira tratada de *Corymbia citriodora* apresenta boa resistência contra a degradação por cupins e fungos, o que atestou a viabilidade técnica da sua utilização em substituição às espécies nativas da Amazônia tradicionalmente usadas para este fim (Araujo *et al.*, 2012). Todavia, em comparação com outras seis

espécies de eucalipto (*Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus paniculata* Sm., *Eucalyptus pilularis* Sm., *Eucalyptus cloeziana* F. Muell., *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*), a madeira de *Corymbia citriodora* foi a mais suscetível ao apodrecimento ocasionado por fungos (Oliveira *et al.*, 2005).

Alguns autores indicam *Corymbia citriodora* para ser empregada em programas de reflorestamentos (Lorenzi *et al.*, 2003). De fato, observou-se que esta espécie atuou como fitorremediadora, uma vez que foi responsável por diminuir a contaminação de solos com pesticidas organoclorados, os quais se acumularam em suas folhas (Buosi e Felfili, 2004). Contudo, a recomendação da utilização de *Corymbia citriodora* em reflorestamentos de áreas degradadas foi posteriormente contestada, pelo seu efeito deletério sobre a microbiota do solo que atua na mineralização da matéria orgânica (Valpassos *et al.*, 2007). Isto se baseou no fato de que os autores do referido trabalho constaram que a contagem e as atividades respiratória e enzimática de microrganismos no solo foram inferiores a um fragmento de Mata Atlântica e a um plantio com *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, e somente foram superiores a uma área desprovida de vegetação.

CAPÍTULO 3. Influência da serapilheira sobre o *status* nutricional do solo e de folhas de espécies nativas de mata atlântica em regeneração natural, em plantios do eucalipto *Corymbia citriodora*

3.1. Introdução

Os solos são corpos tridimensionais resultantes do intemperismo físico, químico e biológico de rochas ou da deposição/sedimentação de material proveniente deste processo (Blum *et al.*, 2006). Contudo, o solo não é um sistema estático; ao contrário, é um sistema vivo e dinâmico que é a base para a produtividade das comunidades de plantas terrestres (Doran e Zeiss, 2000). Isto porque o solo desempenha importantes funções ecológicas, uma vez que se constitui em um compartimento importante para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos (Nannipieri *et al.*, 2003) e abriga uma considerável parte da biodiversidade de animais (Lavelle, 1996), microrganismos (Torsvik e Øvreås, 2002) e plantas, os quais estão intimamente relacionados (Eisenhauer *et al.*, 2010; Eisenhauer *et al.*, 2011). Portanto, o solo apresenta papel central como mediador dos processos que ocorrem nos ecossistemas (Gama-Rodrigues *et al.*, 2008a).

A serapilheira é a principal via de transferência de nutrientes da biomassa florestal para o solo, para onde os mesmos são liberados por meio da mineralização do material orgânico em decomposição, de modo que se tornam novamente disponíveis para as plantas (Vitousek e Sanford, 1986; Proctor, 1989; Cullings *et al.*, 2003). Assim, a presença de matéria orgânica morta na superfície do solo é capaz de aumentar a disponibilidade de nutrientes para as plantas, quando comparado com os sistemas onde os resíduos vegetais são removidos da superfície do solo (Bellote *et al.*, 2008; Pavinato e Rosolem, 2008; Leite *et al.*, 2011).

No entanto, sabe-se que a serapilheira produzida por eucaliptos não é tão favorável à ciclagem de nutrientes, porque apresenta maior razão C/N e menores concentrações de nutrientes, em comparação com a serapilheira produzida em plantios com outras espécies florestais, e também com a serapilheira de florestas nativas (Attiwill, 1968; O'Connell, 1988; Bernhard-Reversat, 1993; Bernhard-Reversat e Schwartz, 1997; Rezende *et al.*, 2001; Souza e Davide, 2001; Gama-Rodrigues e Barros, 2002; Garay *et al.*, 2003; Lemenih *et al.*, 2004; Villela *et al.*, 2004; Costa *et al.*, 2005; Gama-Rodrigues *et al.*, 2008b; Parsons e Congdon, 2008). Mesmo assim, a serapilheira de eucaliptos pode desempenhar papel relevante na

transferência de nutrientes para o solo e, conseqüentemente, para as plantas (Guo e Sims, 1999; Dutta e Agrawal, 2001).

O *status* nutricional do solo de florestas, que é um importante fator para a regeneração natural, varia de acordo com o estágio em que este processo se encontra (Brown e Lugo, 1990). De fato, a disponibilidade de nutrientes no solo varia conforme o estágio de regeneração de florestas (Johnson *et al.*, 2001; Jia *et al.*, 2005; Lima, 2009; Pinto *et al.*, 2009; Noh *et al.*, 2010). Além disto, existe uma associação significativa entre a disponibilidade de nutrientes no solo e a composição da comunidade de plantas em ecossistemas florestais (Paoli *et al.*, 2006), que se torna mais rica e diversa em espécies com o desenvolvimento da regeneração natural (Lugo, 1992; Chinea, 2002; Boeger *et al.*, 2005; Lan *et al.*, 2006; Marín-Spiotta *et al.*, 2007; Menezes *et al.*, 2009).

De uma maneira geral, as concentrações de nutrientes em folhas respondem diretamente à disponibilidade de nutrientes no solo (Vitousek e Sanford, 1986). Comunidades florestais que se desenvolvem em solo nutricionalmente pobre apresentaram concentrações foliares de K, Ca e Mg menores do que aquelas presentes em solo com condições nutricionais comparativamente maiores, no bioma Cerrado (Haridasan, 1992). Na Floresta Amazônica, as espécies arbóreas com maiores concentrações foliares de N, P, K e Mg foram encontradas em solos com maior fertilidade, do que aquelas que colonizaram solos mais pobres (Fyllas *et al.*, 2009). Um estudo confirmou que a relação direta entre disponibilidade de N no solo e concentração de N em tecidos foliares de plantas não-fixadoras de N atmosférico é uma regra no globo terrestre (Craine *et al.*, 2009).

Alguns estudos mostraram que a queima da biomassa vegetal ocasionou o enriquecimento nutricional temporário do solo (Nakano, 1978; Nardoto e Bustamante, 2003; Korb *et al.*, 2004; Moghaddas e Stephens, 2007). Este fato, por sua vez, foi responsável pelo aumento da concentração de nutrientes em folhas verdes, conforme verificado em Cerrado (Nardoto *et al.*, 2006). A depleção das concentrações de amônio e nitrato no solo ocasionada pela remoção mensal da camada de serapilheira se refletiu na diminuição da concentração total de N em folhas verdes de espécies arbóreas, em uma floresta tropical no Panamá (Sayer e Tanner, 2010). O mesmo efeito da remoção da serapilheira, declínio da concentração de nutrientes em folhas, foi percebido em um plantio de *Pinus radiata* na Austrália (Turner e Lambert, 2011).

Ainda são poucas as informações provenientes de estudos que empregaram a manipulação da serapilheira por meio da sua remoção (ausência) ou adição em ecossistemas florestais, para investigar os efeitos deste material orgânico morto sobre o *status* nutricional do solo. De qualquer maneira, em sua maioria, os resultados obtidos se reportam a ecossistemas não-tropicais, tais como: florestas nativas temperadas, na Finlândia (Lindholm e Nummelin, 1983) e na Polônia (Dzwonko e Gawronski, 2002a); plantios com espécies florestais em clima temperado, como *Pinus elliottii* na França (Lopez-Zamora *et al.*, 2001), *Picea abies* na República Checa (Hofmeister *et al.*, 2008) e *Pinus radiata* na Austrália (Turner e Lambert, 2011); plantios com espécies florestais em região boreal, como *Picea glauca* no Canadá (Matsushima e Chang, 2007); e plantios com espécies florestais em região subtropical, como *Acacia mangium* na China (Xiong *et al.*, 2008).

Para regiões de clima tropical, há informações apenas para florestas nativas no Panamá (Sayer e Tanner, 2010) e na Costa Rica (Wood e Lawrence, 2008; Wood *et al.*, 2009), sendo que somente um estudo de manipulação da serapilheira foi realizado no Brasil, em Cerrado *sensu stricto* (Villalobos-Vega *et al.*, 2011). No geral, estes trabalhos concluíram que a disponibilidade de nutrientes no solo diminuiu com a remoção da serapilheira e/ou aumentou com a adição de serapilheira.

Com relação ao conhecimento sobre o efeito da manipulação da serapilheira sobre o *status* nutricional em folhas verdes, o panorama é ainda mais crítico do que o observado para o compartimento do solo. Isto porque os dados obtidos com este tipo de estudo para folhas são ainda mais escassos, restringindo-se a um total de três estudos, sendo que dois deles foram conduzidos em regiões não tropicais, um em plantios de *Pinus palustris* Mill. nos EUA (McLeod *et al.*, 1979) e outro em plantio de *Pinus radiata* na Austrália (Turner e Lambert, 2011), ao passo que apenas um deles foi desenvolvido em uma floresta tropical, no caso, no Panamá (Sayer e Tanner, 2010). A compilação dos resultados destes, não indicou um padrão geral de diminuição da concentração de nutrientes nas folhas, em virtude da remoção da serapilheira.

Como consequência da diminuição da disponibilidade de nutrientes no solo em função da remoção da serapilheira, a sobrevivência e o crescimento de plantas em ecossistemas florestais podem ser comprometidos (Sayer, 2006). Portanto, a avaliação da concentração de nutrientes em tecidos foliares é uma ferramenta capaz

de indicar possíveis limitações na dinâmica nutricional do sistema solo-planta (Malavolta, 1980; Vitousek, 2004).

O presente estudo objetivou avaliar o efeito da presença/remoção da camada de serapilheira sobre atributos químicos do solo superficial e a concentração de nutrientes em folhas verdes de espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica, em regeneração natural em plantios do eucalipto *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ. De maneira complementar, este capítulo também objetivou avaliar o efeito do estágio da regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica sobre os atributos químicos do solo superficial, em plantios do eucalipto *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União, RJ. Para tanto, foram testadas as seguintes hipóteses:

(1) a presença da camada de serapilheira sobre o solo é responsável pela manutenção da concentração de nutrientes no solo superficial e em folhas verdes de espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica, em regeneração natural nos plantios do eucalipto *Corymbia citriodora*, em comparação com a remoção (ausência) da serapilheira;

(2) o maior desenvolvimento do estágio de regeneração natural, caracterizado pelo aumento da participação de espécies nativas de Mata Atlântica, incrementa a concentração de nutrientes no solo superficial, em plantios do eucalipto *Corymbia citriodora*.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Amostragem

Solo

De uma maneira geral, os nutrientes se concentram em camadas mais superficiais do solo, conforme constatado em florestas tropicais (Russel *et al.*, 2007; Moraes *et al.*, 2008; Toni *et al.*, 2009), florestas temperadas (Challinor, 1968; Augusto *et al.*, 2003), plantios comerciais de espécies florestais (Lourenço *et al.*, 1999) e em sistemas agroflorestais (Campanha *et al.*, 2007). Este fato é ocasionado pelo maior conteúdo de material orgânico em camadas de solo mais superficiais, que diminui com o aumento da profundidade (Silva *et al.*, 2009b). Portanto, é nos primeiros 10 cm do solo de ecossistemas florestais que se concentra a maior produção de raízes finas absorventes (< 2,0 mm) (Hendrick e Pregitzer, 1996).

Baseado em tal conhecimento, foram coletadas amostras de solo superficial, com auxílio de trado do tipo “caneca”, nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm, nas

estações seca (26/junho) de 2008 e chuvosa (18/novembro) de 2008, e nas camadas de 0-2 cm, 2-5 cm e 5-10 cm, nas estações seca (16/setembro) de 2009 e chuvosa (05/janeiro) de 2010. Esta alteração do procedimento buscou investigar se a influência da serapilheira sobre os atributos químicos do solo ocorreria de maneira mais importante em uma camada mais próxima à serapilheira, de 0-2 cm, e se este efeito poderia ter sido diluído ao se considerar uma camada superficial comparativamente mais extensa, de 0-5 cm.

Entretanto, a análise estatística demonstrou que, de uma maneira geral, não houve diferenças significativas entre as camadas de 0-2 cm e 2-5 cm, quanto aos atributos químicos analisados, nas estações seca/09 e chuvosa/10 (Anexo 1). Por este motivo, optou-se por calcular, para estas duas últimas estações climáticas, a média dos resultados obtidos para as camadas de 0-2 cm e 2-5 cm, de modo a se obter o valor médio dos atributos químicos na profundidade de 0-5 cm. Assim, daqui por diante, foram apresentados os dados médios dos atributos químicos do solo para as camadas de 0-5 cm e 5-10 cm, em todas as quatro estações climáticas anteriormente citadas. Este procedimento permitiu padronizar os resultados nas mesmas camadas de solo, nas quatro estações climáticas contempladas pelo estudo.

Em cada uma das parcelas, foram coletadas cinco sub-amostras, as quais foram reunidas para formar uma amostra composta por parcela, totalizando cinco amostras compostas/tratamento, em cada um dos plantios (PJ e PM), por estação climática. As amostras de solo obtidas no campo foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados no campo e, posteriormente, foram transferidas para pratos de alumínio e secas em estufa de circulação forçada de ar à 40°C por aproximadamente 72 h ou até atingir massa constante. Em seguida, as amostras foram homogeneizadas e peneiradas (2 mm). Este material, terra fina seca em estufa, foi armazenado em sacos plásticos identificados, até o momento da realização das análises químicas em laboratório.

Folhas

As folhas e galhos das árvores correspondem a uma pequena porção da biomassa arbórea aérea total em florestas, em comparação com os troncos (Schumacher e Poggiani, 1993; Gang, 1998; Caldeira *et al.*, 2000; Salazar *et al.*, 2010). Contudo, os tecidos foliares, e também de galhos, são o maior reservatório de nutrientes em florestas, devido à sua relativa riqueza em tais elementos (Prescott,

2002). Desta maneira, a disponibilidade de nutrientes no solo florestal, impulsionada pela liberação destes durante a mineralização da matéria orgânica (Singh e Gupta, 1977; Vitousek e Sanford, 1986; Proctor, 1989; Cullings *et al.*, 2003; Vasconcelos e Luizão, 2004), influencia a concentração nutricional em folhas (Merino *et al.*, 2008). Esta íntima relação solo-planta demonstra a importância do estudo de ambos os compartimentos, concomitantemente.

A escolha das espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica das quais se coletou folhas foi baseada na indicação daquelas com maior dominância relativa (adultos), densidade (jovens) e taxa de recrutamento (plântulas) na regeneração natural nos plantios de *Corymbia citriodora* da Reserva Biológica União, por trabalhos anteriormente realizados (Evaristo, 2006; Ribeiro, 2007; Evaristo, 2008). De acordo com estes autores, *Xylopia sericea* (Annonaceae), *Siparuna guianensis* Aubl. (Siparunaceae) e *Cupania oblongifolia* Mart. (Sapindaceae) são as espécies nativas mais importantes na regeneração de Mata Atlântica no PM e não ocorrem no PJ, enquanto que *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. e Schult. (Myrsinaceae), que não ocorre no PM, é praticamente a única espécie nativa na regeneração natural no PJ (Figura 6).

Partindo deste pressuposto, foram coletadas aleatoriamente folhas verdes maduras de três plântulas (altura ≤ 50 cm), três indivíduos jovens (altura > 50 cm e $< 2,0$ m, com DAP < 5 cm) e três adultos (altura $> 2,0$ m e DAP ≥ 5 cm) de cada uma das espécies nativas anteriormente citadas, em cada parcela, quando na ocorrência destas. Este procedimento foi realizado nas estações chuvosa (18/novembro) de 2008, seca (16/setembro) de 2009 e chuvosa (05/janeiro) de 2010.

Myrsine coriacea e *Xylopia sericea* pertencem à guilda das espécies pioneiras, ao passo que *Cupania oblongifolia* e *Siparuna guianensis*, das secundárias iniciais (Carvalho *et al.*, 2007; Carvalho *et al.*, 2009; Evaristo *et al.*, 2011). *Siparuna guianensis* é considerada uma espécie indicadora de Floresta Atlântica Ombrófila e Estacional de elevadas altitudes, ao passo que *Cupania oblongifolia* e *Xylopia sericea*, de Floresta Atlântica Estacional de baixas altitudes, no sudeste brasileiro (Oliveira-Filho e Fontes, 2000). Estas duas últimas espécies, *Cupania oblongifolia* e *Xylopia sericea*, são recomendadas para o emprego em programas de restauração e conservação de Floresta Atlântica nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo (Nettesheim *et al.*, 2010).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 6. Indivíduos jovens de *Xylopia sericea* (a), *Siparuna guianensis* (b) e *Cupania oblongifolia* (c), em parcelas de presença de serapilheira (CS) no plantio Maduro (PM), e de *Myrsine coriacea* (d), em parcelas de remoção (SS) de serapilheira, no plantio Jovem (PJ) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ. Fonte: Rodrigo Camara.

A inclusão de indivíduos em diferentes estágios de crescimento seguiu a premissa de que existe a possibilidade de ocorrer uma variação da resposta da concentração nutricional frente aos tratamentos aplicados (com e sem serapilheira) não só entre as espécies, mas também entre estes diferentes estágios de crescimento dentro da mesma espécie. Como folhas maduras foram consideradas aquelas de coloração verde escura, dispostas abaixo da quarta folha contando do ápice para a base do ramo (Nascimento e Proctor, 2001; Nascimento *et al.*, 2011). Para a amostragem foram contemplados três indivíduos de cada espécie, em cada estágio de crescimento, escolhidos ao acaso dentro de cada parcela, quando

possível. Houve variação do número de indivíduos selecionados nas parcelas dos plantios. De cada indivíduo foram coletadas de dez a vinte folhas verdes, com o auxílio de tesoura de poda ou podão.

As folhas verdes maduras foram lavadas no laboratório com água corrente e, em seguida, com água deionizada, para a remoção de partículas de solo, com posterior secagem em estufa de circulação forçada a 60° C por aproximadamente 72 h ou até atingir massa constante (Allen, 1989). Em seguida, este material foi moído em micromoinho elétrico de facas e armazenado em sacos plásticos devidamente identificados, até o momento da realização das análises químicas em laboratório. Para a realização das análises químicas, foi efetuada a reunião das amostras obtidas de cada indivíduo da mesma espécie, no mesmo estágio de crescimento, por parcela, em cada estação climática. Desta maneira, foram obtidas cinco (5) amostras analíticas para cada espécie, em cada estágio de crescimento, por tratamento (presença/remoção de serapilheira), em cada estação climática considerada.

3.2.2. Análises químicas

Solo

Para avaliação do pH, foi preparada uma mistura de solo e água destilada na proporção de 1:2,5 (10 g de solo:25 mL de água Milli-Q), com posterior homogeneização com bastão de vidro. Após uma hora de repouso, nova agitação foi realizada, e o pH foi determinado em pHmetro digital Digimed DMpH-3, previamente aferido com padrões de pH 4,0 e 7,0 (Embrapa, 1997). Os dados referentes ao pH do solo no PM, na estação seca de 2008, constam no trabalho de Freitas (2008) e foram novamente apresentados no presente capítulo.

A acidez extraível ($H^+ + Al^{+3}$) foi determinada no extrato obtido com a adição de 150 mL de solução de acetato de cálcio a pH 7,0 a 10 g de terra fina seca em estufa em filtro Wattman nº 42. Após o repouso de um dia para o outro, o sobrenadante foi titulado com hidróxido de sódio (NaOH) 0,025 N, empregando fenolftaleína a 1% como indicador (Embrapa, 1997). O Al trocável (Al^{+3}) foi analisado no extrato obtido com a adição de solução de cloreto de potássio (KCl) 1 N a 10 g de terra fina seca em estufa em filtro Wattman nº 42, e titulado com hidróxido de sódio (NaOH) 0,025 N, empregando azul de bromotimol como indicador (Embrapa, 1997).

O P disponível no solo (PO_4^-) foi extraído a partir de 5 g de amostra, pelo método de Mehlich, no qual se emprega 50 mL de uma mistura contendo ácido

sulfúrico (H_2SO_4) 0,025 N e ácido clorídrico (HCl) 0,05 N. A determinação ocorreu por colorimetria (Embrapa, 1997). Para a análise de cátions macro (K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} e Na^+) e micronutrientes (Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} e Zn^{+2}) trocáveis no solo, 10 g de terra fina seca em estufa foram lixiviados em filtro Whatman nº 42, com cinco sucessivas adições de 20 mL de uma solução de acetato de amônio 1 M, ajustada a valores de pH médio do solo com ácido acético glacial (Allen, 1989). Tais elementos foram determinados no extrato assim obtido por espectrofotometria de emissão por plasma induzido (ICP/AES-Varian).

Não foi possível avaliar a influência da serapilheira sobre as concentrações de Ca e Mg no solo no PM, uma vez que não houve detecção de tais elementos no solo deste plantio de eucalipto. Também não houve detecção de Zn no solo superficial do PM na ausência de serapilheira, na estação chuvosa de 2010. De acordo com a Central Analítica do Laboratório de Ciências Ambientais, o limite de detecção do aparelho empregado para a leitura das concentrações de Ca e Zn em extratos de solo (ICP/AES-Varian) é de $0,24 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e de $0,03 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$, respectivamente. Assim, com a não-deteção, assumiu-se que as concentrações destes nutrientes no solo foram inferiores aos referidos valores. A Central Analítica não forneceu o limite de detecção para Mg, em extratos de solo.

Especificamente no caso do Ca e Mg no solo do PM, se procedeu a um teste para tentar detectar a concentração de Ca e Mg nos extratos de solo do PM. Para tanto, se modificou a metodologia empregada (Allen, 1989), da seguinte maneira: lançou-se mão do dobro da massa terra fina seca em estufa (20 g), a qual foi deixada em contato com 100 mL da solução extratora (acetato de amônia 1 M, ajustada a valores de pH médio do solo com ácido acético glacial) por aproximadamente 12h, ao invés de se proceder à lixiviação com cinco sucessivas adições de 20 mL da referida solução, em filtro Whatman nº 42.

Procurou-se avaliar se um maior tempo de contato da solução com a amostra seria necessário para se efetuar a extração de Ca e Mg trocáveis do solo do PM. Contudo, mesmo depois deste procedimento, o ICP também não detectou as concentrações de Ca e Mg no solo do PM, em nenhuma das duas camadas testadas (0-5 e 5-10 cm) e em nenhuma das quatro estações climáticas estudadas (seca e chuvosa), ao longo de 3 anos consecutivos (2008 a 2010). Acredita-se que isto ocorreu devido às concentrações destes elementos terem se apresentado demasiadamente baixas no solo superficial do PM. A determinação de

micronutrientes ocorreu somente para o solo superficial coletado nas estações seca de 2009 e chuvosa de 2010.

Folhas

A concentração total de C e N nas folhas verdes maduras foi obtida diretamente pelo auto-analisador CHNS/O (Perkin Elmer 2400), em alíquotas de 2 a 4 mg de sub-amostras do material vegetal, acondicionadas em Eppendorfs. Para a extração de macronutrientes (P, K, Ca, Mg) e micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn) das folhas verdes, sub-amostras de 0,20 g (massa seca) foram transferidas para tubos de digestão e receberam, cada uma, 4,4 mL de uma solução digestora preparada com a mistura de ácido sulfúrico concentrado (350 mL), água oxigenada 100 volumes (420 mL), selênio (0,42 g), que é o agente catalisador da reação, e sulfato de lítio (14 g) (Allen, 1989). Em seguida, as amostras passaram por bloco digestor, à 330° C, por cerca de 5 h. Os extratos assim obtidos foram filtrados em filtro Whatman no 44 e, posteriormente, diluídos com água destilada até atingirem o volume de 100 mL. Nestes extratos, os elementos foram determinados em espectrofotometria de emissão por plasma induzido (ICP/AES-Varian). Nas amostras coletadas na estação chuvosa/2008 não houve determinação de P.

Para validar o procedimento analítico referente aos atributos químicos nas folhas verdes, foi calculado o percentual de recuperação de nutrientes no padrão internacional de folhas de maçã (*Apple Leaves Standard Reference Material 1515*), do Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia do Departamento de Comércio dos EUA. Neste sentido, foram obtidos os seguintes percentuais de recuperação de nutrientes, no padrão internacional de maçã: N total (98%), Cu (95%), Mg (93%), Zn (91%), K (87%), Mn (85%), Fe (84%), P (82%) e Ca (81%). Todas as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Ciências Ambientais (LCA) do Centro de Biociências e Biotecnologia (CBB) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).

3.2.3. Análises de dados

Foram analisados os efeitos da presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira sobre os atributos químicos do solo superficial e folhas verdes maduras de espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica, em diferentes estágios de crescimento, presentes na regeneração natural em dois plantios de *Corymbia citriodora* abandonados na Reserva Biológica União. O mesmo foi realizado, separadamente, para se investigar o efeito do estágio de regeneração natural sobre os atributos

químicos do solo superficial, em que foram comparados os resultados obtidos para os dois plantios de *Corymbia citriodora*, na presença da serapilheira (CS).

Procedeu-se à análise da variância dos resíduos (ANOVA *One-Way*) por meio do teste de Levene (Anexo 2). Quando os resíduos apresentaram variância homogênea, os valores médios das variáveis estudadas foram comparados pelo teste t de Student (Anexo 3). Aqueles que não respeitaram esta premissa foram transformados ($\log(x+1)$) e, se a partir disto passaram a respeitá-la, as médias foram comparadas pelo teste t de Student. Mas, no caso dos resíduos que não seguiram tal premissa, mesmo após a transformação, as médias foram analisadas segundo o teste não-paramétrico de Mann-Whitney (Anexo 4) (Zar, 1996).

Analisou-se a correlação entre a concentração de nutrientes em folhas verdes das espécies arbóreas de Mata Atlântica em regeneração nos dois plantios de *Corymbia citriodora*, considerando os três estágios de crescimento, e a concentração de nutrientes no solo superficial (0-10 cm), em cada estação climática. Além disto, também foi avaliada a correlação entre o estágio de regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica e os atributos químicos do solo superficial (0-10 cm), em cada estação climática. Para tanto, empregou-se a correlação de Pearson, quando os resíduos apresentaram homogeneidade das variâncias. Quando esta premissa não foi atendida, foi empregada a correlação de Spearman (Zar, 1996). Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Statistica, versão 7.0 (StatSoft) ($p \leq 0.05$).

3.3. Resultados

3.3.1. Efeito da serapilheira sobre os atributos químicos do solo superficial

A fim de se obter um panorama geral do efeito da serapilheira sobre os atributos químicos do solo superficial, os resultados foram apresentados por meio da média geral entre as profundidades (0-5cm e 5-10cm) e os plantios de *Corymbia citriodora* (PM e PJ), em cada estação climática estudada, seguida do respectivo desvio padrão, na forma de figuras. Isto se baseou no fato de que, de uma maneira geral, foram observadas respostas semelhantes entre as profundidades (0-5cm e 5-10cm), para os tratamentos de serapilheira. Já a totalidade destes dados individualizados por plantio e profundidade de solo, em cada estação climática, foi apresentada na forma de tabelas, em Anexos (Anexos 5 a 7).

Considerando-se os valores de média geral entre os plantios, a concentração da maioria dos nutrientes (P, K, Ca, Cu, Fe, Mn e Zn) do solo superficial nos plantios de *Corymbia citriodora* foi negativamente impactada pela remoção (SS), quando comparado com a presença (CS) da serapilheira, principalmente nas estações seca de 2009 e chuvosa de 2010. Contudo, este padrão de resposta à manipulação da serapilheira apresentou maior magnitude no caso da disponibilidade de P e K, que foi menor na remoção (SS) do que na presença (CS) da serapilheira, em todas as estações climáticas estudadas. E, na presença (CS) da serapilheira, os valores de acidez extraível foram maiores do que na remoção, também em todas as estações climáticas (Figura 7).

A avaliação individualizada dos atributos químicos no solo superficial em cada plantio de *Corymbia citriodora* demonstrou que o impacto negativo da remoção da serapilheira sobre as concentrações de macro e micronutrientes no solo em geral ocorreu tanto no PJ quanto no PM, e apresentou a mesma magnitude ao se comparar as profundidades estudadas (0-5 cm e 5-10 cm), dentro de cada plantio (Anexos 5 a 7). A remoção (SS) da serapilheira ocasionou a diminuição dos valores de acidez extraível, principalmente, e das concentrações de Al no solo superficial. Como resultado, houve aumento do pH nos dois plantios de *Corymbia citriodora*, embora também tenha sido notada uma diminuição do pH no PM (Figura 7; Anexos 5 e 6).

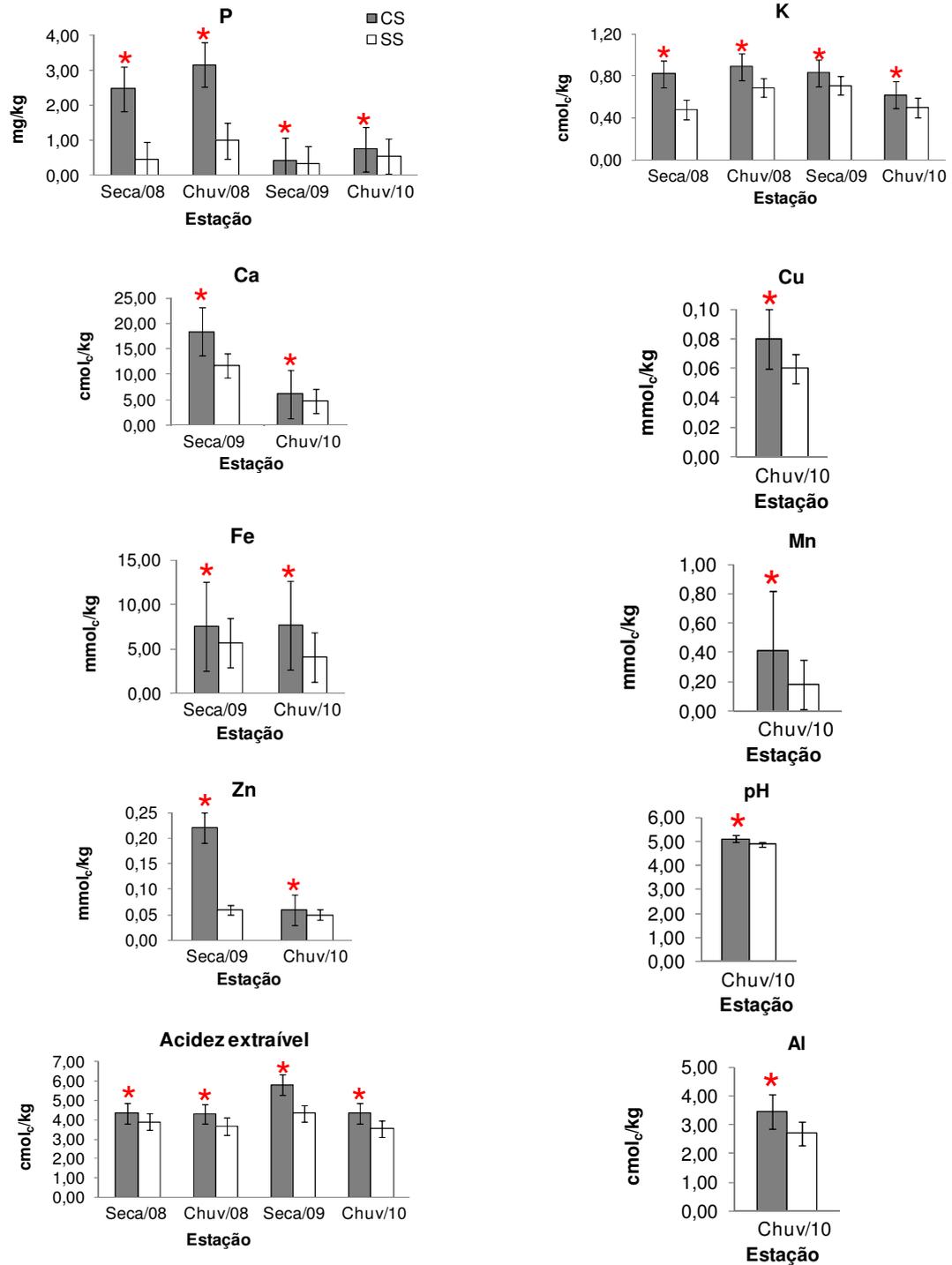


Figura 7. Atributos químicos do solo superficial (0-10 cm) nos plantios de *Corymbia citriodora*, que apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre a presença (CS) e remoção (SS) de serapilheira (*), na Reserva Biológica União, RJ, nas estações climáticas de 2008, 2009 e 2010. As barras representam valores da média geral dos plantios (PJ e PM) por tratamento, baseado nos anexos 5 e 6. Os valores de Ca e Mg são apenas para o PJ.

3.3.2. Efeito da serapilheira sobre os atributos químicos de folhas

Para uma visualização geral do efeito da serapilheira sobre os atributos químicos das folhas de espécies nativas de Mata Atlântica, os resultados foram apresentados por meio da média geral entre as espécies (*Myrsine coriacea*, *Cupania oblongifolia*, *Siparuna guianensis* e *Xylopia sericea*), os estágios de crescimento (plântulas, jovem e maduro) e entre os plantios de *Corymbia citriodora* (PJ e PM), em cada estação climática estudada, seguida do respectivo desvio padrão, na forma de figuras. Esta medida se baseou no fato de que, de uma maneira geral, foram observadas respostas semelhantes entre as espécies, dentro de cada atributo químico, para os tratamentos de serapilheira. Já todos os dados obtidos, individualizados por espécie e estágio de crescimento das plantas, em cada estação climática, foram apresentados na forma de tabelas, em Anexos (Anexos 8 a 13).

Considerando-se os dados de média geral, as concentrações de C total, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn e Zn nas folhas das espécies nativas de Mata Atlântica estudadas e presentes na regeneração natural nos plantios de *Corymbia citriodora*, foram menores na remoção (SS) do que na presença (CS) da serapilheira. Apesar disto, os valores para a média geral da concentração de C total, entre os tratamentos, foram muito próximos entre si. E, as concentrações foliares de Ca foram comparativamente as mais negativamente afetadas pela remoção (SS) da serapilheira, uma vez que os valores médios deste atributo foram menores com a remoção (SS), em todas as estações climáticas estudadas, e em quase todas as espécies nativas consideradas (Figura 8; Anexos 8 a 13). No caso do Fe, houve divergências entre os resultados de média geral, pois as concentrações deste micronutriente foram maiores na presença da serapilheira (CS) na estação chuvosa de 2010, mas foram menores neste mesmo tratamento, na estação seca de 2009, em relação à remoção (SS) da serapilheira (Figura 8; Anexos 8 a 13).

Pela avaliação individualizada dos atributos químicos nas folhas foi possível perceber que, com a remoção (SS) da serapilheira, houve a diminuição das concentrações de K, Fe, Mn e Zn, nas quatro espécies nativas de Mata Atlântica estudadas, no sub-bosque dos plantios de *Corymbia citriodora*. E este impacto negativo da remoção (SS) da serapilheira também ocorreu para as concentrações foliares de P, Ca, Mg e Cu, nas espécies *Siparuna guianensis* e *Xylopia sericea*. Por este motivo, *Siparuna guianensis* e *Xylopia sericea* foram as duas espécies nativas que apresentaram diminuição das concentrações da maior parte dos nutrientes

analisados na remoção da serapilheira (SS), quando comparado com as outras duas espécies nativas, *Myrsine coriacea* e *Cupania oblongifolia* (Anexos 8 a 13).

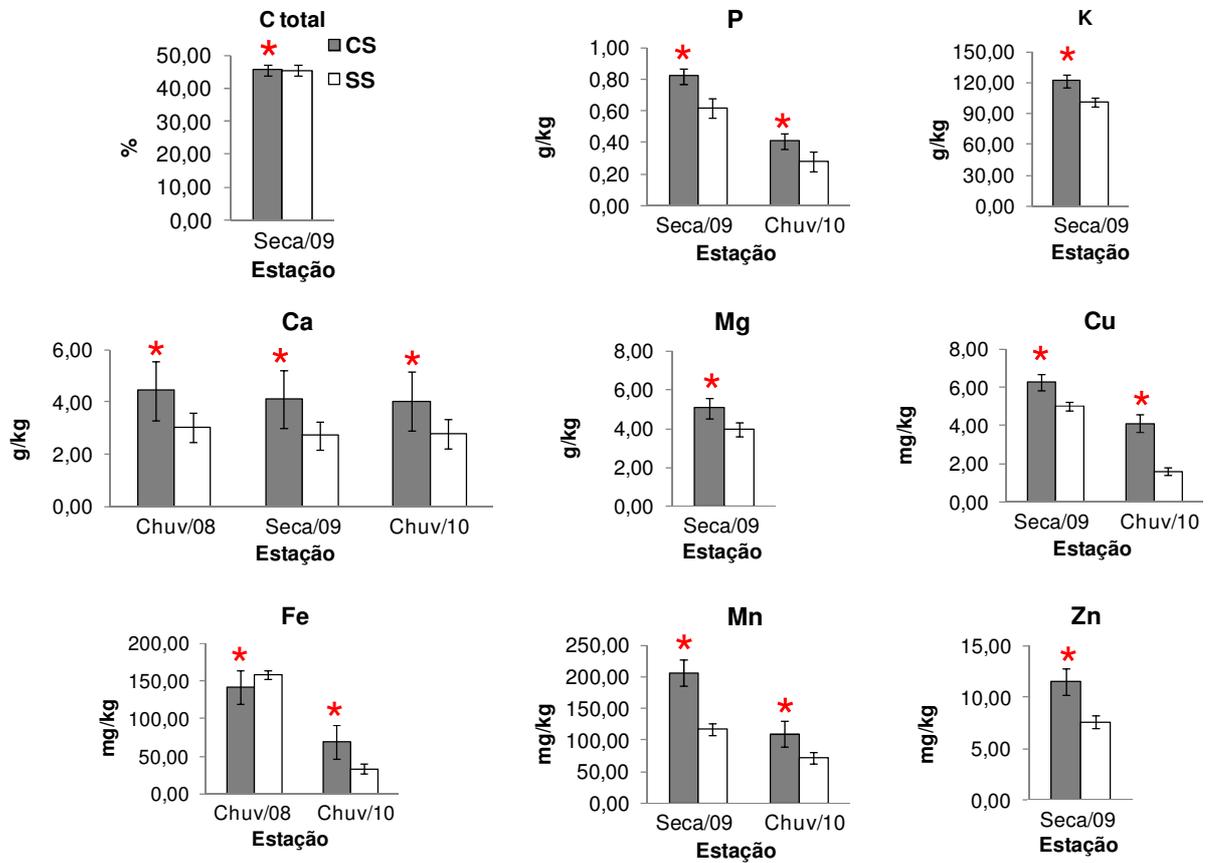


Figura 8. Atributos químicos de folhas de espécies nativas de Mata Atlântica na regeneração natural nos plantios de *Corymbia citriodora*, que apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre a presença (CS) e remoção (SS) de serapilheira (*), na Reserva Biológica União, RJ. As barras representam valores da média geral dos plantios (PJ e PM) por tratamento, baseado nos anexos 5 e 6.

Contudo, este efeito da remoção (SS) da serapilheira sobre as concentrações foliares de nutrientes variou em função do estágio de crescimento das plantas, dentro de cada espécie nativa (Anexos 8 a 13). No caso de *Myrsine coriacea*, a remoção (SS) da serapilheira acarretou a diminuição das concentrações foliares de K e Zn, em indivíduos jovens e adultos; e de P, Fe e Mn, em adultos (Anexos 8 a 13). Para *Cupania oblongifolia*, este mesmo resultado, diminuição das concentrações foliares como resposta à remoção (SS), foi verificado para Mn, em indivíduos jovens e adultos; Ca em jovens; além de K, Fe, Cu e Zn, em adultos

(Anexos 8 a 13). Em folhas de *Siparuna guianensis*, a remoção (SS) da serapilheira influenciou menores concentrações de Mg, Cu e Mn nos três estágios de crescimento das plantas; P, Ca e Zn, em jovens e adultos; K e Fe em adultos (Anexos 8 a 13). Em se tratando de *Xylopia sericea*, houve diminuição das concentrações foliares com a remoção (SS) da serapilheira para P, Fe e Mn, nos três estágios de crescimento das plantas; Ca em plântulas e jovens; Cu em jovens e adultos; K, Mg e Zn, em adultos (Anexos 8 a 13). Desta maneira, ficou evidente que, para as quatro espécies nativas de Mata Atlântica estudadas, os indivíduos adultos foram o estágio de crescimento cujas concentrações foliares de nutrientes foram as mais negativamente afetadas, pela remoção (SS) da serapilheira (Anexos 8 a 13).

Segundo a avaliação individualizada dos atributos químicos nas folhas, de uma maneira geral, não foi identificado um padrão definido do tratamento de serapilheira sobre as concentrações totais de C e N e a razão C/N nas folhas de espécies nativas de Mata Atlântica na regeneração natural, nos plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União (Anexos 8 a 10).

Foram verificadas correlações significativas positivas entre as concentrações de K, P e Mn no solo e em folhas *Xylopia sericea* e *Siparuna guianensis*. No caso do K, isto ocorreu para folhas de adultos de *Siparuna guianensis* ($r = 0,94$) na estação seca/2009. Em se tratando do P, tal fato foi observado para *Siparuna guianensis* em folhas de jovens ($r = 0,92$) e de adultos ($r = 0,88$) na estação seca/2009, e para *Xylopia sericea* em folhas de plântulas ($r = 0,87$), jovens ($r = 0,83$) e adultos ($r = 0,84$) na estação chuvosa/2010. Para as concentrações de Mn este padrão foi constatado em folhas de adultos de *Siparuna guianensis* ($r = 0,91$), e em folhas de plântulas ($r = 0,83$) e de jovens ($r = 0,88$) de *Xylopia sericea* na estação chuvosa/2010.

3.3.3. Efeito do estágio de regeneração natural sobre os atributos químicos no solo superficial

Com o objetivo de identificar um quadro geral do efeito do estágio de regeneração natural e da participação de espécies nativas de Mata Atlântica sobre os atributos químicos do solo superficial, os resultados foram apresentados por meio da média geral entre as profundidades (0-5 cm e 5-10 cm), considerando apenas o tratamento de presença da serapilheira (CS), em cada estação climática estudada, seguida do respectivo desvio padrão, na forma de figuras. E a totalidade destes

dados individualizados por profundidade de solo, em cada estação climática, foi apresentada na forma de tabelas, em Anexos (Anexos 5 a 7).

A partir da média geral dos atributos químicos estudados no solo superficial, por plantio, observou-se que as concentrações de K, Fe e Zn, além do pH, principalmente, foram significativamente maiores no PJ do que no PM. Em contrapartida, foram maiores no PM em relação ao PJ, os valores de acidez extraível e concentração de Al em praticamente todas as estações climáticas, e as concentrações de P e Mn em pelo menos duas estações climáticas (Figura 9; Anexos 5 a 7).

Houve correlação positiva significativa entre o estágio de regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica e os valores de acidez extraível no solo superficial nas estações seca/2008 ($r = 0,82$), chuvosa/2008 ($r = 0,85$) e chuvosa/2010 ($r = 0,79$). O mesmo ocorreu no caso da concentração de Al nas estações seca/2008 ($r = 0,89$), chuvosa/2008 ($r = 0,93$), seca/2009 ($r = 0,93$) e chuvosa/2010 ($r = 0,82$); e de Mn nas estações seca/2009 ($r = 0,87$) e chuvosa/2010 ($r = 0,87$). Em contrapartida, verificou-se correlação negativa significativa entre o estágio de regeneração natural e as concentrações de Fe nas estações seca/2009 ($r = -0,97$) e chuvosa/2010 ($r = -0,094$); de Zn nas estações seca/2009 ($r = -0,78$) e chuvosa/2010 ($r = -0,89$); e o pH no solo superficial, nas estações seca/2008 ($r = -0,70$), chuvosa/2008 ($r = -0,96$), seca/2009 ($r = -0,87$) e chuvosa/2010 ($r = -0,52$).

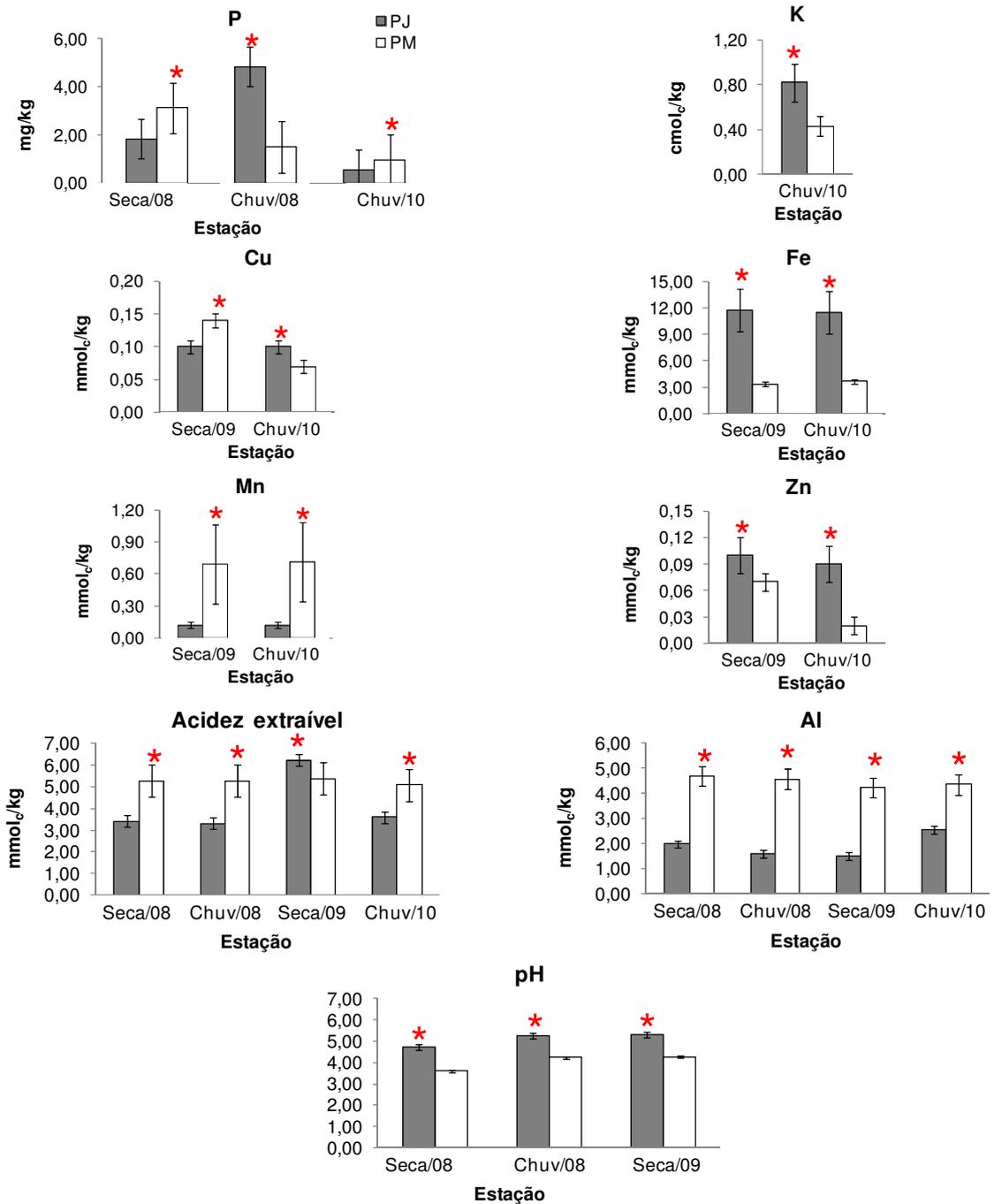


Figura 9. Atributos químicos do solo superficial que apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os plantios jovem (PJ) e maduro (PM) de *Corymbia citriodora* (*), no tratamento com serapilheira (CS), na Reserva Biológica União, RJ. As barras representam valores da média geral dos plantios (PJ e PM) por tratamento, baseado nos anexos 5 e 6.

3.4. Discussão

3.4.1. Efeito da serapilheira sobre os atributos químicos no solo superficial

A presença da serapilheira foi fundamental para a manutenção da disponibilidade de P, K, Ca, Cu, Fe, Mn e Zn no solo dos plantios de eucalipto *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União. De fato, depois de 4 a 6 anos de iniciada a remoção da serapilheira, as concentrações destes nutrientes no solo superficial diminuíram, em comparação com a manutenção da serapilheira. Contudo, por meio da análise comparativa dos valores de média geral foi possível constatar que P e K, entre os macronutrientes, e Fe e Zn, entre os micronutrientes, foram os elementos cuja disponibilidade no solo para as plantas apresentaram-se mais afetados negativamente com a remoção da serapilheira, de acordo com a frequência com que tal resultado foi obtido, durante o período de estudo. Portanto, devido à fertilidade natural muito baixa dos solos da Reserva Biológica União, a serapilheira desempenha papel central na disponibilização de nutrientes no solo para as plantas, nos plantios de *Corymbia citriodora* (Miranda *et al.*, 2007).

Por meio de um estudo anteriormente realizado no PM, se constatou que as concentrações de C e N totais foram menores na camada de 0-10 cm de solo, após 4 anos de remoção da serapilheira (Freitas, 2008). Este mesmo resultado foi obtido no PJ e se manteve no PM, com a continuidade da remoção (Silva, 2011b). Entretanto, os resultados obtidos por ambos os autores anteriormente citados quanto à razão C/N foram contrastantes. Isto porque a razão C/N na profundidade de 0-5 cm no solo do PM, na estação seca de 2008, foi estatisticamente maior na presença da serapilheira do que na sua remoção (Freitas, 2008). Por outro lado, a razão C/N no solo aumentou com a remoção da serapilheira nas camadas de 0-2 cm e 5-10 cm no PJ, e na profundidade de 2-5 cm no PM, na estação seca de 2009 (Silva, 2011b).

A diminuição da concentração de C e N totais na camada de 0-10 cm do solo também foi observada em florestas tropicais nativas na Costa Rica, após um período de 2 anos de remoção da serapilheira (Leff *et al.*, 2012). Portanto, os autores do trabalho anteriormente citado sugeriram que o desmatamento de florestas tropicais e a instalação de cultivos agrícolas acarretaram em diminuição da entrada de

serapilheira, e conseqüentemente foram responsáveis tanto pela menor entrada de N quanto pela redução do estoque de C no solo.

Em uma floresta tropical nativa no Panamá, as concentrações de amônio, nitrato, P, K, Ca e Mg no solo superficial, camadas de 0-2 cm e 0-10 cm, de uma maneira geral, foram menores com a remoção da serapilheira e maiores com a adição da serapilheira, em comparação com a presença da serapilheira, no período de 2 a 5 anos após iniciada a manipulação da serapilheira (Sayer e Tanner, 2010). Na referida floresta tropical, a depleção nutricional do solo aumentou com a continuidade da remoção da serapilheira. Acredita-se que o mesmo ocorra nos plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União. De forma semelhante, depois de 5 anos de iniciada a manipulação da serapilheira em uma área de Cerrado *sensu stricto* em Brasília, as concentrações de Ca e Mn no solo superficial (0-5 cm) foram maiores com a adição da serapilheira, quando comparado com a presença e a remoção da serapilheira apesar da adição de serapilheira ter aumentado, sendo que houve uma tendência a este mesmo padrão de resposta à manipulação da serapilheira no caso das concentrações de C, N, P e Mg (Villalobos-Vega *et al.*, 2011).

Por outro lado, não foram verificadas diferenças entre os tratamentos de serapilheira aplicados, presença/remoção/adição da serapilheira, sobre as concentrações de N total e de P disponível no solo, na profundidade de solo testada, 0-5 cm, em florestas tropicais úmidas na Costa Rica (Wood e Lawrence, 2008). De acordo com os autores do trabalho anteriormente citado, é necessário um maior tempo de remoção da serapilheira para que o impacto negativo desta prática sobre o *status* nutricional do solo seja notado, uma vez que os resultados encontrados enfocaram apenas 5 meses após ter sido iniciada a manipulação da serapilheira.

A serapilheira é a principal via de transferência de nutrientes da vegetação para o solo, em florestas tropicais úmidas (Vitousek e Sanford, 1986). Portanto, conforme a serapilheira passa pelos processos de decomposição e mineralização, tal material é capaz de alterar as propriedades químicas do solo (Singh e Gupta, 1977, Vezzani *et al.*, 2001; Campanha *et al.*, 2007). A manutenção da camada de serapilheira sobre o solo impede o escoamento da água na superfície do solo (Boeken e Orenstein, 2001), a lixiviação de nutrientes (Sayer, 2006), e proporciona a

regulação de condições microclimáticas favoráveis ao processo de mineralização (Xiong *et al.*, 2008; Villalobos-Vega *et al.*, 2011). De posse dos resultados anteriormente citados, percebe-se que os efeitos benéficos da presença da serapilheira guardam relação não só com as propriedades químicas intrínsecas desta material, como também se reportam a sua influência física positiva, que minimiza a remoção dos nutrientes e permite que os mesmos sejam mantidos *in situ*, conforme são liberados da matéria orgânica em decomposição, para serem absorvidos pelas plantas.

Embora haja diferenças entre ecossistemas florestais de regiões tropicais e de regiões não tropicais quanto à dinâmica de nutrientes, alguns dos principais resultados encontrados neste último tipo de florestas foram citados, em função da escassez generalizada de informações obtidas para a dinâmica de nutrientes em florestas, por meio de estudos de manipulação da serapilheira. Nos mais diferentes ecossistemas florestais temperados, existe o padrão geral de decréscimo nas concentrações de P, K, Ca e Mg no solo em função da remoção da serapilheira, após 3 a 5 anos de iniciado este manejo, enquanto que a diminuição das concentrações de N no solo foram constatadas somente após 10 anos de continuidade deste manejo, em comparação com a presença da serapilheira (Sayer, 2006).

Em florestas temperadas na Finlândia, a remoção anual da serapilheira durante 25 anos foi responsável pela diminuição das concentrações de C e N total e o conseqüente incremento da razão C/N no solo na profundidade de 0-5 cm, em relação à manutenção da serapilheira (Lindholm e Nummesin, 1983). A remoção da serapilheira, tanto realizada anualmente quanto bianualmente, ocasionou a diminuição da disponibilidade de P no solo na profundidade de 0-5 cm, em comparação com a manutenção da camada de serapilheira, em plantios de *Pinus elliottii* nos EUA (Lopez-Zamora *et al.*, 2001). Resultados semelhantes foram obtidos em um plantio de *Acacia mangium* na China, onde, depois de 4 e 5 anos, a remoção da serapilheira conduziu à diminuição da disponibilidade de P no solo na profundidade de 0-10 cm, quando comparado com a manutenção da serapilheira (Xiong *et al.*, 2008).

A remoção contínua da camada de serapilheira por 16 anos ocasionou o empobrecimento nutricional do solo em florestas temperadas na Polônia, quando comparado com a manutenção da serapilheira (Dzwonko e Gawronski, 2002a). Alguns estudos estimaram o montante de nutrientes removidos do solo, como resultado da remoção da serapilheira. No caso de plantios de *Picea abies* na República Checa, com a primeira remoção de serapilheira em 2003, foram retirados do *pool* total do solo aproximadamente 10% de N, de 20% a 24% de K, de 24% a 30% de Ca e 16% de Mg (Hofmeister *et al.*, 2008). Em um plantio de *Pinus radiata* na Austrália, depois de 16 anos de remoção da serapilheira, foram retirados do sistema aproximadamente 75 Mg ha⁻¹ de material orgânico, o qual representou a remoção de aproximadamente 560 kg ha⁻¹ de N, 322 kg ha⁻¹ de Ca, 243 kg ha⁻¹ de K, 91 kg ha⁻¹ de Mg, 68 kg ha⁻¹ de P e 0,9 kg ha⁻¹ de B do solo (Turner e Lambert, 2011).

Como resultado da diminuição do *status* nutricional do solo ocasionada pela remoção da serapilheira, houve alterações na composição da comunidade de plantas do sub-bosque de florestas temperadas na Polônia, uma vez que este manejo favoreceu o estabelecimento de plantas acidófilas, enquanto que onde a serapilheira foi mantida, se estabeleceram plantas neutrófilas (Dzwonko e Gawronski, 2002a). Depois de décadas de abandono da remoção da serapilheira em florestas temperadas na Suíça, a composição de plantas tem mudado substancialmente em virtude do desenvolvimento da regeneração natural, com a substituição progressiva de espécies arbóreas pioneiras do gênero *Pinus*, por espécies arbóreas decíduas, com folhas largas, que são características de estágios mais avançados de sucessão ecológica, em florestas temperadas (Gimmi *et al.*, 2008). Além disto, a diminuição da disponibilidade de nutrientes no solo em função da remoção da serapilheira por um período longo, ou seja, maior do que dez anos, é capaz de diminuir o incremento da área basal de indivíduos arbóreos de *Pinus radiata* em 25%, sendo que a magnitude com que isto ocorreu foi minimizada pela metade, com a adubação do solo, em plantios desta espécie florestal na Austrália (Turner e Lambert, 2011).

Camadas mais superficiais de solo possuem maior conteúdo de matéria orgânica, o que conduz à maior disponibilidade de bases trocáveis (K, Ca e Mg), que

se reflete em maiores valores de pH, em comparação com camadas de solo mais profundas, em florestas tropicais (Silva *et al.*, 2009b). Da mesma maneira, a adição de resíduos de plantas de diferentes espécies é capaz de aumentar o pH do solo, em condições de laboratório, devido à entrada de bases trocáveis e à complexação de íons H^+ e Al^{+3} por compostos orgânicos aniônicos, presentes nos referidos resíduos, em comparação com a sua não adição (Franchini *et al.*, 2001).

Portanto, era de se esperar que o pH do solo superficial nos plantios de *Corymbia citriodora* fosse maior na presença do que na remoção da serapilheira. Entretanto, não foi possível apontar um padrão claro para o efeito dos tratamentos de serapilheira sobre o pH do solo superficial nos plantios de *Corymbia citriodora*, devido à ampla variação dos resultados. Em estudos desenvolvidos em florestas tropicais na Costa Rica (Wood e Lawrence, 2008) e em Cerrado *sensu stricto* (Villalobos-Vega *et al.*, 2011), também não foram encontradas diferenças nos efeitos da manipulação da serapilheira, presença/remoção/adição, sobre o pH do solo superficial, na profundidade de 0-5 cm. Sayer (2006) apontou que não existe um padrão uniforme no efeito da manipulação da serapilheira sobre o pH do solo, ao se comparar a presença com a remoção da serapilheira, em florestas temperadas

3.4.2. Efeito da serapilheira sobre os atributos químicos de folhas

A maior parte dos elementos analisados em folhas das espécies nativas de Mata Atlântica nos plantios de *Corymbia citriodora* da Reserva Biológica União, apresentou diminuição de suas concentrações devido à remoção da serapilheira, principalmente para o K, Fe, Mn e Zn. No entanto, houve uma diferenciação entre as espécies nativas de Mata Atlântica quanto à magnitude do impacto da remoção da serapilheira, sobre as concentrações de determinados nutrientes. *Siparuna guianensis* e *Xylopia sericea* foram as espécies nativas que apresentaram diminuição das concentrações foliares de uma maior gama de nutrientes, pois tal resultado ocorreu não só para os nutrientes anteriormente citados, como também para P, Ca, Mg e Cu. Além disto, os resultados da correlação entre a concentração de nutrientes no solo superficial e em folhas de espécies nativas de Mata Atlântica reafirmaram que, com a presença da serapilheira, as concentrações de P e Mn, principalmente, e de K foram maiores no solo e também em folhas verdes de *Xylopia sericea* e *Siparuna guianensis*, quando comparado com a remoção da serapilheira.

A diferença entre as espécies vegetais presentes em um mesmo ambiente, quanto à concentração de nutrientes em seus tecidos, reflete a sua exigência nutricional (Alves *et al.*, 2002; Silva, 2009b). Isto porque as espécies mais exigentes em determinado nutriente são aquelas que respondem mais efetivamente à diminuição da disponibilidade do mesmo no solo e que, por este motivo, podem vir a apresentar deficiência do nutriente em questão (Vitousek, 2004; Silva, 2009b).

Na maior parte das ocasiões em que foi observada a diminuição da concentração de P, K, Ca, Cu, Mn e Zn em folhas verdes das espécies nativas de Mata Atlântica, houve a concomitante diminuição da concentração dos mesmos nutrientes no solo superficial dos plantios de *Corymbia citriodora*, como reflexo da remoção da serapilheira. Portanto, a continuidade da remoção da serapilheira, que provavelmente acarretará numa diminuição cada vez maior da disponibilidade de nutrientes no solo, também ocasionará a diminuição ainda maior do *status* nutricional das folhas. Como resultado, é provável que o estabelecimento de plântulas e a manutenção da regeneração natural seja comprometido, em médio ou longo prazo (Sayer, 2006).

Os resultados do presente estudo, para as concentrações de C e N totais e a razão C/N nas folhas de espécies nativas de Mata Atlântica na regeneração natural, nos plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União, concordaram com aqueles obtidos por Freitas (2008). Segundo a autora do referido trabalho, o qual foi realizado com folhas maduras de indivíduos jovens de *Xylopia sericea* no PM, de uma maneira geral, a remoção da serapilheira não alterou as concentrações de C e N totais e a razão C/N nas mesmas, nas estações chuvosa (janeiro) e seca (julho) de 2008. Portanto, é provável que estes atributos químicos de folhas sejam mais “estáveis” e necessitem de um maior período de remoção da serapilheira para que apresentem variação, em função deste tratamento, do que os demais atributos químicos analisados pelo presente estudo.

Diferentemente do presente trabalho, após 5 anos de remoção da serapilheira, notou-se a diminuição da concentração de N foliar em espécies arbóreas de uma floresta tropical no Panamá, mas não houve havido diferenças entre este tratamento e a manutenção de serapilheira quanto às concentrações foliares de P, K, Ca e Mg (Sayer e Tanner, 2010). Após 14 anos de manipulação da

serapilheira em um plantio de *Pinus radiata* em região não-tropical na Austrália, a remoção desta ocasionou o declínio das concentrações de N e B, principalmente, e de K, Ca, Mg e S, nos tecidos foliares desta espécie florestal, com o consequente impacto negativo sobre o incremento de biomassa das árvores, em comparação com a manutenção da serapilheira (Turner e Lambert, 2011). Contudo, não houve diferenças entre os tratamentos de remoção e manutenção da serapilheira sobre as concentrações foliares de P, Cu, Fe, Mn e Zn, no estudo anteriormente citado. Já em um plantio de *Pinus palustris* Mill. nos EUA, outra região não tropical, de uma maneira geral, não foi notado efeito significativo sobre a concentração de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) em acículas da referida espécie florestal, após 2 a 3 anos de iniciada a remoção da serapilheira (McLeod *et al.*, 1979).

Diversos estudos demonstraram que a adubação do solo conduziu ao incremento da produção de biomassa de plantas e/ou da concentração de nutrientes em tecidos de plantas, de uma maneira geral (Chapin, 1980; Borges *et al.*, 2002; Leonel e Damatto Junior, 2008; Pan *et al.*, 2010; Bustamante *et al.*, 2012; Homeier *et al.*, 2012). Portanto, baixas concentrações de nutrientes em folhas podem sugerir limitações nutricionais no solo (Chapin, 1980; Aerts, 1996; Vitousek, 2004).

Nos ecossistemas florestais que não recebem adubação do solo, a serapilheira é uma das principais vias de entrada de nutrientes que a demanda nutricional das plantas é atendida, de modo a custear seu crescimento e desenvolvimento (Vitousek e Sanford, 1986; Swift e Anderson, 1989; Attiwill e Adams, 1993; Correia e Andrade, 2008). Este é o caso dos plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União, que estão abandonados, ou seja, não recebem tratamentos silviculturais desde 1996 (Evaristo *et al.*, 2011). Portanto, quando a serapilheira é eliminada do sistema, surgem distúrbios no suprimento de nutrientes para as plantas e, como resultado, seu crescimento e a sobrevivência são desfavorecidos (Gama-Rodrigues *et al.*, 1999; Sayer, 2006).

Como citado anteriormente, o estudo de Ribeiro (2007) previamente realizado na Reserva Biológica União relatou que, após 2 anos de manejo da serapilheira, a regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica em plantios de *Corymbia citriodora* foi favorecida pela remoção da serapilheira, em comparação com a manutenção da serapilheira. No entanto, verificou-se que, com a continuidade deste

manejo por mais de 4 anos, houve uma reversão neste panorama, ou seja, a remoção da serapilheira impactou negativamente a regeneração natural, enquanto que a regeneração foi favorecida pela manutenção da serapilheira nos referidos plantios (Marcelo Trindade Nascimento, comunicação pessoal). Desta maneira, ficou evidenciado que o desfavorecimento da dinâmica de nutrientes em virtude da remoção da serapilheira é um dos processos capazes de influenciar o desenvolvimento da regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica nos plantios do eucalipto *Corymbia citriodora* estudados.

No caso de *Xylopia sericea*, as concentrações de Ca em folhas de plântulas e jovens de *Xylopia sericea* foram menores na remoção, do que na presença da serapilheira. Entretanto, tal efeito não foi significativo em se tratando de folhas verdes de indivíduos adultos desta espécie nativa de Mata Atlântica. Este fato foi constatado nas três estações climáticas contempladas, ao longo do período de estudo.

Contudo, para as demais espécies, da mesma forma que as folhas verdes de plântulas e jovens, as folhas verdes de indivíduos adultos também apresentaram menores concentrações de elementos com a remoção da serapilheira, em comparação com a presença da serapilheira. Mas, de uma maneira geral, a frequência com que isto ocorreu foi ainda maior em folhas de indivíduos adultos, nas quatro espécies nativas de Mata Atlântica contempladas.

Nem sempre a concentração nutricional em folhas reflete a disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas, como foi observado em Mata Atlântica na Bahia (Montagnini *et al.*, 1994). Isto porque algumas espécies apresentam elevada capacidade de conservação/eficiência do uso de nutrientes, os quais são retranslocados de folhas senescentes, antes de sua abscisão, para outros tecidos, o que visa a minimizar perdas e resulta na produção de uma serapilheira com menores concentrações de nutrientes (Delitti, 1995; Satti *et al.*, 2003; Yuan *et al.*, 2005). Tal fato foi observado para *Guarea guidonia* (L.) Sleumer em fragmentos de Mata Atlântica no Estado do RJ, cujas folhas verdes apresentaram altas concentrações de N, apesar das baixas concentrações deste nutriente no solo, devido à comprovada eficiência de retranslocação de N por tal espécie (Silva e Villela, no prelo). Desta maneira, tais espécies apresentam maior eficiência de uso

de nutrientes, o que lhes permite a colonização de solos arenosos e mais pobres em nutrientes (Corte *et al.*, 2009). Portanto, além da disponibilidade de nutrientes no solo, a capacidade de retranslocação de alguns nutrientes por certas espécies, assim como outros mecanismos de eficiência de uso de nutrientes, podem influenciar a concentração de nutrientes nas folhas, de modo que possíveis limitações nutricionais no solo podem não ser refletidas pela concentração de nutrientes em folhas (Aerts e Chapin, 2000).

3.4.3. Efeito do estágio de regeneração natural sobre os atributos químicos no solo superficial

O panorama composto pelos dados obtidos pelo presente trabalho e por outros trabalhos realizados nos plantios de *Corymbia citriodora* e na mata nativa da Reserva Biológica União (Tabela 1, do Capítulo 2 - Área de estudo), demonstrou a ocorrência de dois padrões: (1) aumento das concentrações de C e N totais, P, Mn, acidez extraível e Al; (2) e a diminuição da razão C/N e das concentrações de K, Fe, Zn e do pH no solo superficial, conforme avançou a regeneração natural de Mata Atlântica. Os resultados de correlação ratificaram tais resultados para alguns dos atributos químicos do solo: conforme avançou o estágio de regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica nos plantios de *Corymbia citriodora*, aumentaram a acidez extraível e as concentrações de Al e de Mn, enquanto que diminuíram o pH e as concentrações de Fe e de Zn, no solo superficial.

De uma maneira geral, os solos em florestas tropicais em estágios mais avançados de regeneração natural apresentam maiores concentrações de elementos minerais, do que os solos onde se desenvolvem florestas em estágios iniciais (Tabela 2). O mesmo padrão foi verificado em alguns trabalhos realizados em florestas temperadas (Jia *et al.*, 2005; Noh *et al.*, 2010).

Tabela 2. Variação de atributos químicos do solo superficial com o avançar da regeneração natural, em diferentes ecossistemas tropicais

Local	Floresta	Idade (anos)/estágio	Prof. (cm)	Atributos químicos do solo	Referência
México	Tropical Estacional	2-5; 6-10; 12-25; maduro	0-15	K (ppm) = 616; 483; 508; 359 Ca (ppm) = 17.600; 18.400; 12.400; 20.000 Mg (ppm) = 523; 579; 539; 483 Cu (ppm) = 2,1; 2,3; 2,3; 1,9 Mn (ppm) = 83; 93; 108; 47 Fe (ppm) = 17; 22; 26; 12 Zn (ppm) = 1,5; 1,4; 1,5; 1,4 pH = 7,7; 7,5; 7,4; 7,6	Lawrence e Foster (2002)
MG	Tropical Semidecidual	40; maduro	0-20	N (mg/dm ³) = 0,13; 0,09 P (mg/dm ³) = 1,35; 2,63 K (mg/dm ³) = 26; 66 Ca (cmol _c /dm ³) = 0,55; 4,28 Mg (cmol _c /dm ³) = 0,30; 1,11 Cu (mg/ dm ³) = 2,06; 0,51 Fe (mg/ dm ³) = 63,3; 45,1 Mn (mg/ dm ³) = 16,4; 86,3 Zn (mg/ dm ³) = 0,26; 6,32 pH = 4,52; 6,02	Silva Júnior <i>et al.</i> (2004)
RJ	Tropical Semidecidual	Intermediário; maduro	0-10	P (mg/kg) = 1,17; 1,98 Ca + Mg (cmol _c /g) = 1,21; 0,64	Lima (2009)
MG	Tropical Semidecidual	Inicial; maduro	0-20	P (mg/dm ³) = 1,43; 2,55 K (mg/dm ³) = 38,70; 66,70 Ca (cmol _c /dm ³) = 0,81; 5,27 Mg (cmol _c /dm ³) = 0,43; 1,45 pH = 4,47; 5,38	Pinto <i>et al.</i> (2009)
PA	Tropical Sempre-verde	10; 20; 40; mata primária	0-5	P (g/kg) = 13,3; 13,7; 13,6; 22,2 Ca (meq/100g) = 1,7; 1,4; 0,8; 0,8 Mg (meq/100g) = 0,5; 0,5; 0,7; 0,1	Johnson <i>et al.</i> (2001)

Como demonstrado no Capítulo 4 do presente trabalho, a influência da participação mais relevante de espécies nativas na regeneração natural de Mata Atlântica no PM se refletiu na produção de uma serapilheira mais heterogênea, a qual, conseqüentemente, implicou no aporte de C, N e P 16, 25 e 3 vezes maior nesta área, por folhas de espécies nativas, do que no PJ. Portanto a serapilheira produzida contribuiu para que as concentrações de C e N totais e de P disponível no

solo superficial tenham sido maiores no PM do que no PJ. Embora não tenham sido levantados dados sobre o aporte de Mn via serapilheira pelo presente trabalho, acredita-se que este tenha sido o mesmo motivo pelo qual o solo no PM tenha apresentado maiores concentrações de Mn do que no PJ.

A razão C/N encontrada no solo superficial do PM foi menor do que no do PJ, como reflexo da maior concentração de N total no solo do primeiro do que no solo do segundo plantio de *Corymbia citriodora* (Villela *et al.*, 2001; Silva, 2011b). Isto demonstrou que a matéria orgânica presente no solo do PM apresenta contribuição relativamente mais importante para a dinâmica de nutrientes do que aquela aportada ao solo do PJ. Tal suposição foi corroborada pelos resultados apresentados no Capítulo 4 do presente trabalho, segundo o qual a serapilheira total anualmente produzida no PM encerrou maiores concentrações médias de N e Mg e menor razão C/N, o que levou aos maiores aportes destes nutrientes pela serapilheira, quando comparado com o PJ.

Um estudo anteriormente realizado nos plantios de *Corymbia citriodora* da Reserva Biológica União relatou maior concentração de K no solo superficial do PM do que no do PJ (Villela *et al.*, 2001). Este resultado está de acordo com o Capítulo 4 do presente trabalho, que evidenciou que o aporte de K pela serapilheira total no PM foi aproximadamente o dobro do observado no PJ. Entretanto, o presente estudo encontrou a tendência de maior disponibilidade deste nutriente no solo do PJ do que no do PM, que foi, provavelmente, uma consequência da amostragem.

A concentração de alguns nutrientes no solo pode diminuir, em função do relativo aumento do seu estoque na biomassa florestal, como resultado do gradativo incremento de biomassa que se processa durante o amadurecimento ecossistêmico (Vitousek e Reiners, 1975; Delitti, 1995). Este padrão foi atestado em florestas tropicais estacionais no México (Lawrence e Foster, 2002; Read e Lawrence, 2003), tropicais em Porto Rico (Lugo e Helmer, 2004), tropicais montanas no México (Bautista-Cruz e Castillo, 2005), Ombrófila no Rio de Janeiro (Moraes *et al.*, 2008; Lima, 2009), em plantio de *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc (Noh *et al.*, 2010) e de *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc (Li *et al.*, 2011), ambos na Coreia. Acredita-se que este foi o caso para as concentrações de Ca e Mg no solo superficial nos plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União. Isto porque um estudo anteriormente realizado demonstrou que a concentração destes nutrientes foi menor no solo superficial do PM do que no PJ (Villela *et al.*, 2001). Além disto, na

comparação dos resultados do trabalho anteriormente citado com os obtidos no presente estudo, as concentrações de Ca e Mg diminuíram ao longo do tempo, no solo superficial do PJ, sendo que estes nutrientes sequer foram detectados no solo superficial do PM, em nenhuma das quatro estações climáticas consideradas.

A comunidade vegetal como um todo, que inclui indivíduos adultos de *Corymbia citriodora* e indivíduos pertencentes a espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica, apresenta uma estrutura mais desenvolvida no PM, do que no PJ (Evaristo *et al.*, 2011). Assim, é possível que grande parte do Ca e Mg esteja mais fortemente imobilizada na biomassa da comunidade de plantas do PM do que estocada no solo desta área, até mesmo porque estes dois nutrientes são pouco móveis nos tecidos vegetais, ocorrendo o contrário no caso do PJ.

Villela *et al.* (2001) encontraram concentrações de Ca e Mg no PJ bem maiores do que no PM e na mata nativa. Segundo os autores do referido trabalho, isto se deveu ao efeito residual da calagem na implantação do solo do PJ, em 1991. Devido ao tempo decorrido desde então, no qual parte destes nutrientes já foram lixiviados, em função de sua mobilidade no solo e da elevada precipitação pluviométrica característica da região, ou incorporados à biomassa das plantas, e à relevante diminuição de suas concentrações em ambos os plantios de *Corymbia citriodora*, acredita-se que esta influência da calagem não mais tenha se mantido.

De acordo com o Capítulo 4 do presente trabalho, a participação de folhas de *Corymbia citriodora* diminuiu na comparação entre o PJ (41% de toda a serapilheira anualmente produzida) e o PM (23% do total). De uma maneira geral, esta foi a fração mais importante para o aporte de Ca pela serapilheira, tanto no PJ (59% de todo o Ca aportado) quanto no PM (22% do total). Este quadro provavelmente contribuiu para a diminuição da disponibilidade de Ca no solo e, portanto, para a acidificação do pH no solo dos plantios de *Corymbia citriodora*, com o avançar da regeneração natural de Mata Atlântica.

Mas esta estreita relação entre a concentração de Ca no solo e o seu aporte via serapilheira parece não se aplicar no caso do Mg. Isto porque houve a diminuição da concentração deste elemento no solo do PM em comparação com o PJ, apesar do maior aporte de Mg pela serapilheira total no PM do que no PJ. Tal fato foi, por sua vez, um reflexo da maior participação de folhas de espécies nativas de Mata Atlântica no primeiro do que no segundo plantio, visto que esta fração foi a

que mais contribuiu para o aporte de Mg pela serapilheira, segundo o Capítulo 4 do presente trabalho.

A comparação com os resultados levantados por trabalhos conduzidos em diferentes ecossistemas florestais demonstrou que não existe um padrão definido quanto à variação do pH do solo, durante a regeneração natural (Tabela 1). Desta maneira, florestas em estágios mais avançados de regeneração apresentaram solo menos ácido, na Amazônia brasileira (Buschbacher *et al.*, 1988) e em florestas montanas no México (Paniagua *et al.*, 1999). Este padrão, de pH menos ácido em florestas iniciais que se regeneram em áreas recém perturbadas e abandonadas, pode ser uma consequência do preparo do solo com a queima da biomassa da floresta que originalmente havia na área. Isto foi observado em florestas tropicais na Tailândia (Nakano, 1978) e no Pará (Silva *et al.*, 2009b), em Cerrado *sensu stricto* em Brasília (Nardoto e Bustamante, 2003) e em florestas temperadas nos EUA (Korb *et al.*, 2004). Este fato ocorreu porque as bases presentes nas cinzas, que são ricas em K, Ca e Mg, foram liberadas para o solo (Moghaddas e Stephens, 2007). Portanto, o histórico de uso da área é um fator importante na determinação das características químicas do solo, em florestas (Negrete-Yankelevich *et al.*, 2007; Oliveira, 2008).

Em contrapartida, em florestas tropicais úmidas com diferentes idades (15, 45, 75 e 100 anos) no México, encontrou o oposto, ou seja, ocorreu a acidificação do solo com o avançar da regeneração natural (Bautista-Cruz e Castillo, 2005). Para os autores do referido estudo, a diminuição do pH provavelmente foi o resultado conjunto de três fatores: a lixiviação de nutrientes catiônicos, a sua absorção pela vegetação e a produção de uma serapilheira gradativamente mais ácida.

3.5. Conclusões

Os resultados apresentados neste Capítulo corroboraram a hipótese de que a presença da camada de serapilheira é responsável pela manutenção da concentração da maior parte dos nutrientes no solo superficial e em folhas de espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica, em plantios do eucalipto *Corymbia citriodora* em regeneração natural, em comparação com a remoção (ausência) da serapilheira.

De posse dos dados do presente Capítulo, corroborou-se, em parte, a hipótese de que o maior desenvolvimento do estágio de regeneração natural e

participação de espécies nativas de Mata Atlântica incrementa a concentração de nutrientes no solo superficial, em plantios do eucalipto *Corymbia citriodora*.

CAPÍTULO 4. Impacto da manipulação da serapilheira sobre a produção, concentração e aporte de nutrientes através da serapilheira, em plantios do eucalipto *Corymbia citriodora*, com regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica

4.1. Introdução

Em florestas, a serapilheira é a principal via de transferência de nutrientes da vegetação para o solo (Vitousek, 1982; Clark *et al.*, 2001). Uma vez liberados para o solo, grande parte destes elementos são novamente absorvidos pelas plantas, o que demonstra a sua contribuição positiva para a produtividade das comunidades vegetais (Vitousek e Reiners 1975). Portanto, a serapilheira produzida é um dos mais importantes e dinâmicos componentes da ciclagem de nutrientes em florestas (Vitousek e Sanford, 1986; Attiwill e Adams, 1993) e o seu monitoramento é uma maneira de se estimar a produtividade nestes ecossistemas (Lowman, 1988; Cattanio *et al.*, 2004; Köhler *et al.*, 2008; Aragão *et al.*, 2009).

A importância do mecanismo de ciclagem de nutrientes é aumentada nas florestas tropicais que se desenvolvem em solos com adiantado grau de intemperização, onde grande parte dos nutrientes está estocada na biomassa viva e é reciclada por meio da serapilheira (Herrera *et al.*, 1978). Vários estudos mostraram o papel da serapilheira na nutrição de diferentes florestas tropicais, por meio de cálculos da concentração de nutrientes na serapilheira e/ou da quantidade de nutrientes aportada ao solo por este material (Rai e Proctor, 1986; Moraes *et al.*, 1999; Parrotta, 1999; Souza e Davide, 2001; Pinto e Marques, 2003; Vasconcelos e Luizão, 2004; Vital *et al.*, 2004; Barbosa e Faria, 2006; Fernandes *et al.*, 2006; Gomes *et al.*, 2006; Calvi *et al.*, 2009; Espig *et al.*, 2009; Paula *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2009a; Gomes *et al.*, 2010; Vogel *et al.*, 2012).

Contudo, a magnitude da contribuição da serapilheira para a ciclagem de nutrientes depende da qualidade química deste material. Sendo assim, uma serapilheira com baixa concentração de nutrientes tende a contribuir menos para a ciclagem de nutrientes, do que uma serapilheira com maior concentração de nutrientes (Gama-Rodrigues e Barros, 2002; Vogel *et al.*, 2012). Este é, em geral, o caso da serapilheira produzida por eucaliptos, cuja qualidade nutricional é inferior do que a produzida por outras espécies florestais (Attiwill, 1968; Parrotta, 1999; Rezende *et al.*, 2001; Souza e Davide, 2001; Costa *et al.*, 2005; Parsons e Congdon, 2008; Leite *et al.*, 2011). Entretanto, mesmo uma serapilheira pobre em nutrientes

pode ser importante para a manutenção da ciclagem (Guo e Sims, 1999; Dutta e Agrawal, 2001; Souza e Davide, 2001).

Embora exista uma carência generalizada de informações obtidas com estudos de manipulação da serapilheira (presença/remoção/adição) enfocadas em aspectos de dinâmica nutricional, este número ainda é maior para regiões não tropicais (McLeod *et al.*, 1979; Lindholm e Nummelin, 1983; Lopez-Zamora *et al.*, 2001; Dzwonko e Gawronski, 2002a; Matsushima e Chang, 2007; Hofmeister *et al.*, 2008; Xiong *et al.*, 2008; Turner e Lambert, 2011) do que para regiões de clima tropical (Freitas, 2008; Wood *et al.*, 2009; Sayer e Tanner, 2010; Silva, 2011b; Villalobos-Vega *et al.*, 2011). E, dentre estes, apenas dois trabalhos avaliaram a influência de diferentes tratamentos de serapilheira sobre a produção e a concentração de nutrientes na serapilheira anual produzida em florestas tropicais: na Costa Rica (Wood *et al.*, 2009) e no Panamá (Sayer e Tanner, 2010).

Portanto, no Brasil, onde ainda não há dados disponíveis para este tipo de estudo, a sua realização se torna ainda mais importante no caso de Mata Atlântica em regeneração em plantios abandonados de eucalipto. Isto devido ao adiantado grau de devastação de tal bioma (Dean, 1996; Myers *et al.*, 2000; Fundação SOS Mata Atlântica, 2002; Sá-Rocha *et al.*, 2002) e, também, ao papel dificultador de diferentes espécies de eucaliptos sobre a regeneração de florestas nativas (Bone *et al.*, 1997; Saporetti Jr *et al.*, 2003; Ostertag *et al.*, 2008; Evaristo *et al.*, 2011).

O presente estudo objetivou avaliar o efeito da presença/remoção da camada de serapilheira sobre a produção de serapilheira, concentração e aporte de elementos minerais na serapilheira em plantios do eucalipto *Corymbia citriodora*, em regeneração natural de espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica, na Reserva Biológica União, RJ. De maneira complementar, este capítulo também objetivou avaliar o efeito do estágio de regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica sobre a produção, concentração e aporte de elementos na serapilheira, em plantios do eucalipto *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União, RJ. Para tanto, foram testadas as seguintes hipóteses:

(1) a presença da camada de serapilheira sobre o solo é responsável pela manutenção da produção, concentração e aporte de elementos minerais através da serapilheira nos plantios do eucalipto *Corymbia citriodora*, em regeneração natural de espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica, em comparação com a remoção (ausência) da serapilheira;

(2) o maior desenvolvimento do estágio de regeneração natural, caracterizado pelo aumento da participação de espécies nativas de Mata Atlântica, incrementa a produção, concentração e aporte de elementos minerais na serapilheira, em comparação com o menor desenvolvimento do estágio de regeneração natural de Mata Atlântica, em plantios do eucalipto *Corymbia citriodora*.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Amostragem

A serapilheira fina ou *fine litterfall* (Vitousek, 1984), que também é denominada serapilheira pequena ou *small litterfall* (Proctor *et al.*, 1983), é composta por folhas, galhos com diâmetro ≤ 2 cm, material reprodutivo (flores, frutos e sementes) e refugo ou resto (material não reconhecível < 2 mm). A produção deste material foi monitorada por um período amostral de 366 dias, nas parcelas de presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), alocadas no PJ e no PM. Para tanto, em 18/novembro/2009 foram instalados 3 coletores (70 cm x 70 cm = 0,49 m²), de forma aleatória estratificada, em cada parcela dos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, 15 coletores por tratamento e 30 coletores em cada plantio, na Reserva Biológica União, RJ (Figura 10).



Figura 10. Coletores de serapilheira dispostos em parcela de remoção (SS) de serapilheira, no plantio Jovem (PJ) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ. Fonte: Rodrigo Camara.

Os coletores foram constituídos por uma estrutura de alumínio e rede de *nylon* de 1 mm com aproximadamente 20 cm de profundidade, e foram fixados aproximadamente 1,0 m acima da superfície do solo (Villela *et al.*, 2006). A partir de 03/dezembro/2009 foram realizadas coletas quinzenais, até 19/novembro/2010. Todo o material obtido nos coletores foi transferido imediatamente para sacos de

papel e transferido para o LCA (Laboratório de Ciências Ambientais), onde foi seco em estufa de circulação forçada a 60 °C, por aproximadamente 72 h (Allen, 1989). Em seguida, a serapilheira foi mantida nos respectivos sacos de papel até o momento da triagem em diferentes frações.

A serapilheira produzida foi triada em diferentes frações, conforme a sugestão de outros trabalhos (Proctor, 1983; Villela *et al.*, 2006). No caso do PJ, foram consideradas cinco frações: 1. Folhas de *Corymbia citriodora*; 2. Folhas de *Myrsine coriacea*; 3. Folhas de outras espécies nativas de Mata Atlântica; 4. Madeira (cascas + galhos \leq 2 cm de diâmetro); 5. Resto (composição de todo o não reconhecível < 2 mm + material reprodutivo). Já no caso do PM foram consideradas seis frações de serapilheira fina: 1. Folhas de *Corymbia citriodora*; 2. Folhas de *Xylopiia sericea*; 3. Folhas de *Cupania oblongifolia*; 4. Folhas de outras espécies nativas de Mata Atlântica; 5. Madeira; 6. Resto. A seleção das frações respeitou o critério de importância de espécies nativas na regeneração natural nos plantios de *Corymbia citriodora*, tal como descrito no Capítulo 2 (Evaristo, 2006; Ribeiro, 2007; Evaristo, 2008), além da suficiência do montante de material obtido na triagem, para a realização das análises químicas.

Após o material ter sido triado, o mesmo foi novamente levado à estufa a 60° C por aproximadamente 72 h (Allen, 1989), para ser pesado em seguida. Desta maneira, foi obtida a massa seca da serapilheira total e de suas frações, para cada coletor, em cada unidade amostral (Villela e Proctor, 1999; Villela *et al.*, 2006). Posteriormente, todo o material individualizado em suas respectivas frações e obtido em cada um dos coletores de cada parcela ($n = 3/\text{parcela}$) foi reunido a fim de se obter uma amostra composta de cada fração bimensal por parcela ($n = 1/\text{parcela}$), o que permitiu otimizar as análises químicas (Villela e Proctor, 1999; Villela *et al.*, 2006).

4.2.2. Análises químicas

A metodologia para a determinação da concentração total de C e N das frações de serapilheira foi a mesma daquela descrita anteriormente no Capítulo 3, para as folhas verdes. Na obtenção das amostras analíticas, as amostras reais obtidas no campo foram compostas, por parcela, para cada fração ($n = 1/\text{parcela}$) e reunidas a cada 4 meses sucessivos, obtendo-se 3 sub-períodos amostrais: T1, meio/final da estação chuvosa (dezembro/2009, janeiro, fevereiro, março/2010); T2, início/meio da estação seca (abril, maio, junho e julho/2010); e T3, final da estação

seca/início da estação chuvosa (agosto, setembro, outubro e novembro/2010). Este procedimento seguiu a metodologia utilizada em estudos anteriormente realizados (Villela e Proctor, 1999; Villela *et al.*, 2006).

A determinação de macronutrientes (P, K, Ca, Mg) das frações de serapilheira seguiu a mesma metodologia de Allen (1989). Para tanto, as amostras compostas por parcela, de cada fração, foram reunidas a cada 2 meses sucessivos, de tal forma que foram obtidos 6 sub-períodos amostrais (Villela *et al.*, 2006): T1, meio da estação chuvosa (dezembro/2009 e janeiro/2010); T2, final da estação chuvosa (fevereiro e março/2010); T3, início da estação seca (abril e maio/2010); T4, meio da estação seca (junho e julho/2010); T5, final da estação seca (agosto e setembro/2010); T6, início da estação chuvosa (outubro e novembro/2009). Todas as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Ciências Ambientais (LCA) do Centro de Biociências e Biotecnologia (CBB) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF).

4.2.3. Análises de dados

Os dados da produção de serapilheira total e suas respectivas frações, as concentrações nutricionais e aporte de nutrientes foram apresentados por meio de valores médios e do desvio padrão, considerando as 5 parcelas de cada tratamento de serapilheira (CS/SS), nos dois plantios de *Corymbia citriodora*. Os dados médios de produção de serapilheira foram calculados a partir da massa média (g) dos 3 coletores/parcela, os quais foram transformados em $\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ através da seguinte fórmula: produção média diária de serapilheira ($\text{g m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) = produção média de cada parcela / 0,49 / intervalo de dias entre duas coletas consecutivas. O valor 0,49 relaciona-se à área do coletor, em m^2 (70 cm lado x 70 cm lado). Para se obter o valor de produção anual de serapilheira total e das frações em t ha^{-1} , foi realizado o somatório de todas as coletas ($n = 22$) por cada parcela, por meio da seguinte fórmula: produção total anual de serapilheira (t ha^{-1}) = (((somatório de cada parcela (g) * 10000) / 0,49) / 1000000).

O aporte nutricional (quantidade de nutrientes devolvidos ao solo, pela serapilheira) da serapilheira total produzida e de suas frações (kg ha^{-1}) foi calculado multiplicando-se a respectiva massa seca pela concentração de nutrientes. Para tanto, utilizou-se a seguinte fórmula, separadamente para cada um dos nutrientes analisados: aporte de cada nutriente (kg ha^{-1}) = $(X / 1000) * Z1$, onde: X =

concentração de cada nutriente por parcela (mg g^{-1}); $Z1 (\text{kg ha}^{-1}) = ((Z * 10000) / 0,49) / 1000$; Z = massa da serapilheira produzida para cada tempo específico (g).

Na avaliação da influência do estágio de regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica sobre a concentração e aporte de elementos, foram considerados apenas os resultados obtidos no tratamento com serapilheira (CS). E para análises da concentração e aporte de elementos em folhas de espécies nativas na serapilheira, no PJ considerou-se apenas o material foliar produzido pela espécie *Myrsine coriacea*. Isto porque as folhas de *Myrsine coriacea* corresponderam à quase totalidade das folhas de espécies nativas na serapilheira (91%), cuja massa obtida já foi bastante reduzida em função de sua pequena participação percentual na serapilheira total anual produzida no PJ (2%). Em contrapartida, no caso do PM, os cálculos se basearam na média dos resultados obtidos para as folhas de *Xylopiá sericea*, *Cupania oblongifolia* e as folhas das demais espécies nativas.

Para testar o efeito da área (tratamentos de serapilheira - CS/SS; ou estágios de regeneração natural - PJ/PM) sobre a produção anual da serapilheira total e de cada fração ($\text{t ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$), foram realizadas análises de variância agrupada (ANOVA *Nested Design*) (Anexo 14). Neste sentido, considerou-se as réplicas ($N = 5$ parcelas/área) como fator randômico, dentro de cada área (fator fixo) (Zar, 1996).

Para avaliar se houve diferença no padrão de variação anual da produção de serapilheira total ($\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), concentrações (mg g^{-1}) e aportes dos elementos (kg ha^{-1}) entre os dois tratamentos de serapilheira (CS x SS) e entre os dois estágios de regeneração natural (menos x mais avançado) de Mata Atlântica nos plantios de *Corymbia citriodora*, foi aplicada uma análise de variância do tipo repetida (ANOVA *Repeated Measures Design*). Neste caso, foram considerados como *within-subject factor* ou *within effects* (fatores de variação), as datas de coleta (22 coletas), para a produção de serapilheira; ou os tempos agrupados, para C, N e razão C/N (3 tempos), e P, K, Ca e Mg (6 tempos) (Anexo 15). E, a área (CS x SS; ou menos x mais avançado), foi considerada *between-subject factor* ou *between effects* (Zar, 1996).

Para comparar o efeito da área (CS/SS; PJ/PM) sobre a concentração e aporte de elementos da serapilheira total e de cada fração, nos respectivos tempos agrupados (3 tempos; 6 tempos), procedeu-se à análise da variância dos resíduos (ANOVA *One-Way*) por meio do teste de Levene, com posterior comparação das médias pelo teste t de Student ou pelo teste não-paramétrico de Mann-Whitney (Zar,

1996). Analisou-se a correlação entre o estágio de regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica e a concentração de nutrientes na serapilheira produzida anualmente nos plantios de *Corymbia citriodora*. Assim, empregou-se a correlação de Pearson, quando os resíduos apresentaram homogeneidade das variâncias. Quando esta premissa não foi atendida, foi empregada a correlação de Spearman (Zar, 1996). Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa Statistica, versão 7.0 (StatSoft) ($p \leq 0.05$).

4.3. Resultados

4.3.1. Efeito da serapilheira

Produção anual de serapilheira

A produção anual da fração folhas de *Corymbia citriodora* nos dois plantios desta espécie de eucalipto, e da serapilheira total no PJ, foram significativamente maiores na presença (CS) do que na remoção (SS) da serapilheira. Contudo, na remoção (SS), foi maior a produção de folhas de outras espécies nativas, bem como do total de folhas de espécies nativas de Mata Atlântica, no PM (Tabela 3).

De maneira geral, não houve diferenças marcantes entre os tratamentos de serapilheira quanto a sua influência sobre a participação percentual das diferentes frações, no PJ e no PM. A produção das frações de serapilheira no PJ, em ambos os tratamentos de serapilheira, seguiu a ordem decrescente: madeira > folhas de *Corymbia citriodora* > resto > folhas de *Myrsine coriacea* > folhas de outras espécies nativas de Mata Atlântica. No PM, na presença (CS) da serapilheira, a produção de frações de serapilheira no PM seguiu a ordem decrescente: madeira > folhas de *Corymbia citriodora* > resto > folhas de outras espécies nativas de Mata Atlântica > folhas de *Xylopiya sericea* > folhas de *Cupania oblongifolia*. Ainda no PM, com a remoção (SS), a ordem se modificou ligeiramente: madeira > folhas de *Corymbia citriodora* > folhas de outras espécies nativas de Mata Atlântica > folhas de *Xylopiya sericea* = resto > folhas de *Cupania oblongifolia* (Tabela 3; Figura 11).

Considerando-se o total de folhas da serapilheira no PJ, a participação de folhas de *Corymbia citriodora* foi de 96% e 95%, na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, respectivamente, ficando a menor parte referente à contribuição de folhas de espécies nativas de Mata Atlântica. Já no PM, a participação de folhas de *Corymbia citriodora* ficou entre 46% e 40%, na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, respectivamente, com o restante referente a folhas de espécies nativas de Mata Atlântica (Figura 12).

Tabela 3. Produção anual de serapilheira total e frações ($t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$) nos plantios Jovem (PJ) e maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ. Os valores indicam a média, seguida do desvio padrão (entre parênteses), entre 5 parcelas (3 coletores de $0,49m^2$ /parcela), na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010.

Frações	Produção de serapilheira			
	(t ha ⁻¹ ano ⁻¹)			
	PJ		PM	
	CS	SS	CS	SS
Folhas de <i>C. citriodora</i>	2,08 Aa (0,20)	1,78 B (0,29)	2,33 Ab (0,49)	2,15 B (0,45)
Folhas de <i>M. coriacea</i>	0,08 (0,12)	0,05 (0,06)	-	-
Folhas de <i>X. sericea</i>	-	-	1,12 (0,63)	1,29 (0,57)
Folhas de <i>C. oblongifolia</i>	-	-	0,45 (0,57)	0,16 (0,18)
Folhas de Outras espécies nativas	0,01 (0,02)	0,04 (0,12)	1,16 A (0,65)	1,82 B (0,82)
Total de Folhas de espécies nativas	0,09 a (0,11)	0,09 (0,14)	2,74 Ab (0,41)	3,27 B (0,80)
Madeira	2,52 a (0,86)	2,07 (0,54)	3,60 b (1,65)	3,00 (1,09)
Resto	0,36 a (0,10)	0,43 (0,17)	1,26 b (0,34)	1,28 (0,42)
Total	5,05 Aa (1,02)	4,29 B (0,75)	9,91 b (1,95)	9,68 (1,98)

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes, dentro da mesma fração e plantio, indicam diferenças significativas entre CS e SS, pelo teste ANOVA *Nested Design* ($p \leq 0,05$). Valores seguidos por letras minúsculas diferentes, dentro da mesma fração e do tratamento CS, indicam diferenças significativas entre PJ e PM, pelo teste ANOVA *Nested Design* ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS, e entre PJ e PM, pelo teste ANOVA *Nested Design*.

Segundo o teste de ANOVA *Repeated*, em virtude da interação significativa entre os tratamentos de serapilheira (áreas) e as datas de coleta (tempo), verificou-se a influência dos tratamentos de serapilheira, sobre a produção de serapilheira anual total, folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora*, madeira e resto, ao longo do período amostrado, no PJ. No caso do PM, este padrão se repetiu apenas para a fração resto. Para folhas da serapilheira de *Myrsine coriacea*, da serapilheira de outras espécies nativas de Mata Atlântica e total de folhas de espécies nativas no PJ, bem como para a serapilheira anual total e todas as demais frações, com

exceção de resto, no PM, não houve diferença entre a remoção (SS) e a presença (CS) de serapilheira, durante o período de estudo (Figuras 13 e 14; Anexo 14).

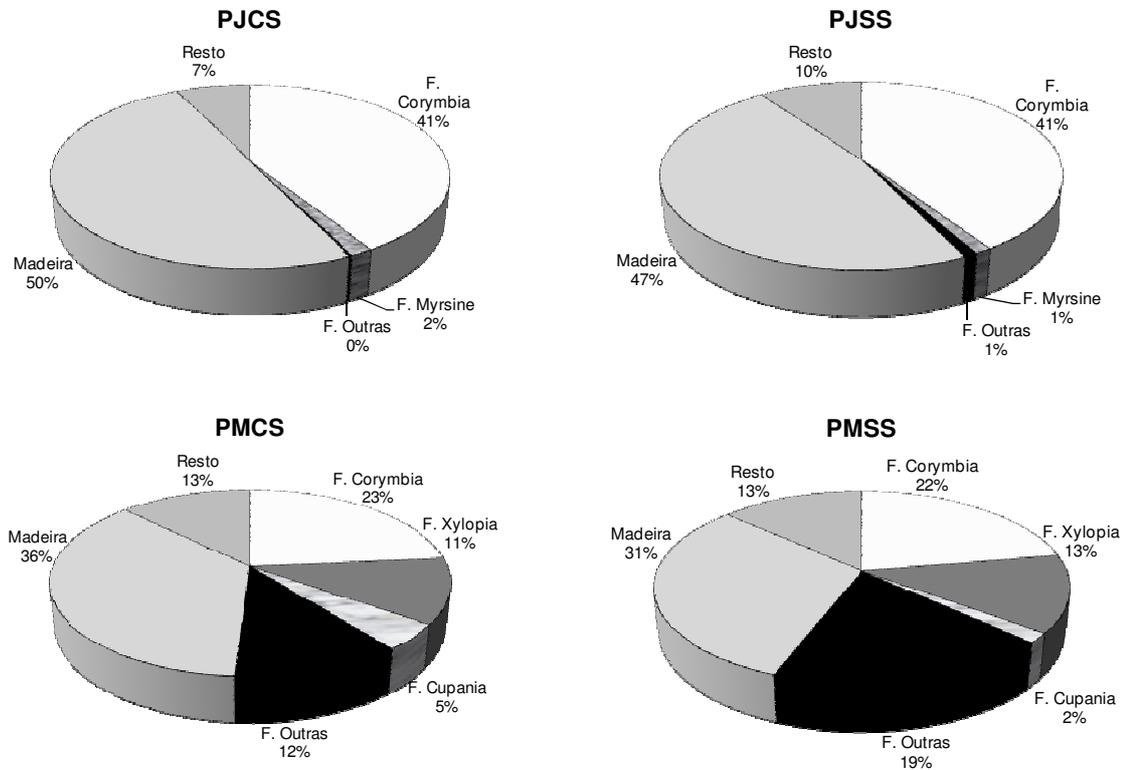


Figura 11. Contribuição relativa das diferentes frações na produção anual da serapilheira total nos plantios Jovem (PJ) e maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ. Os valores indicam a média entre 5 parcelas (3 coletores de 0,49m²/parcela), na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010.

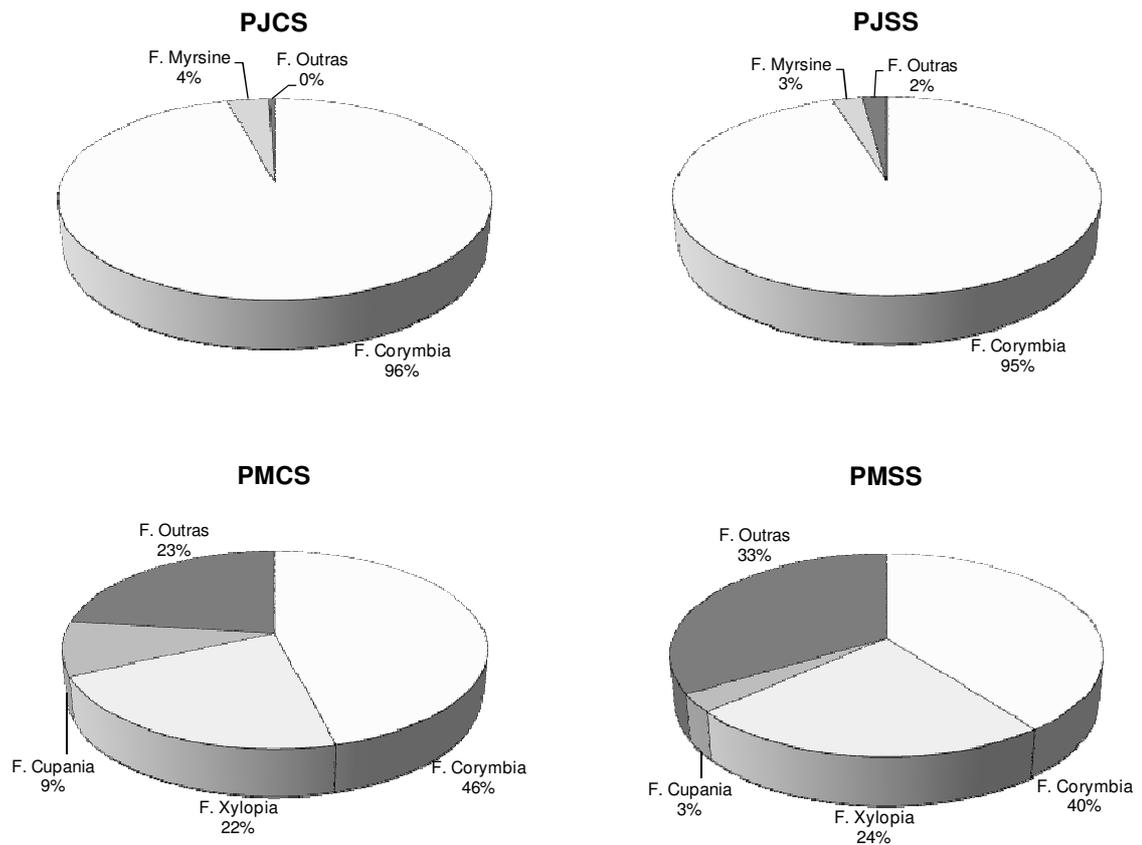


Figura 12. Contribuição relativa de folhas de *Corymbia citriodora* e de folhas de espécies nativas de Mata Atlântica no total de folhas da serapilheira nos plantios Jovem (PJ) e maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ. Os valores indicam a média entre 5 parcelas (3 coletores de 0,49m²/parcela), na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010.

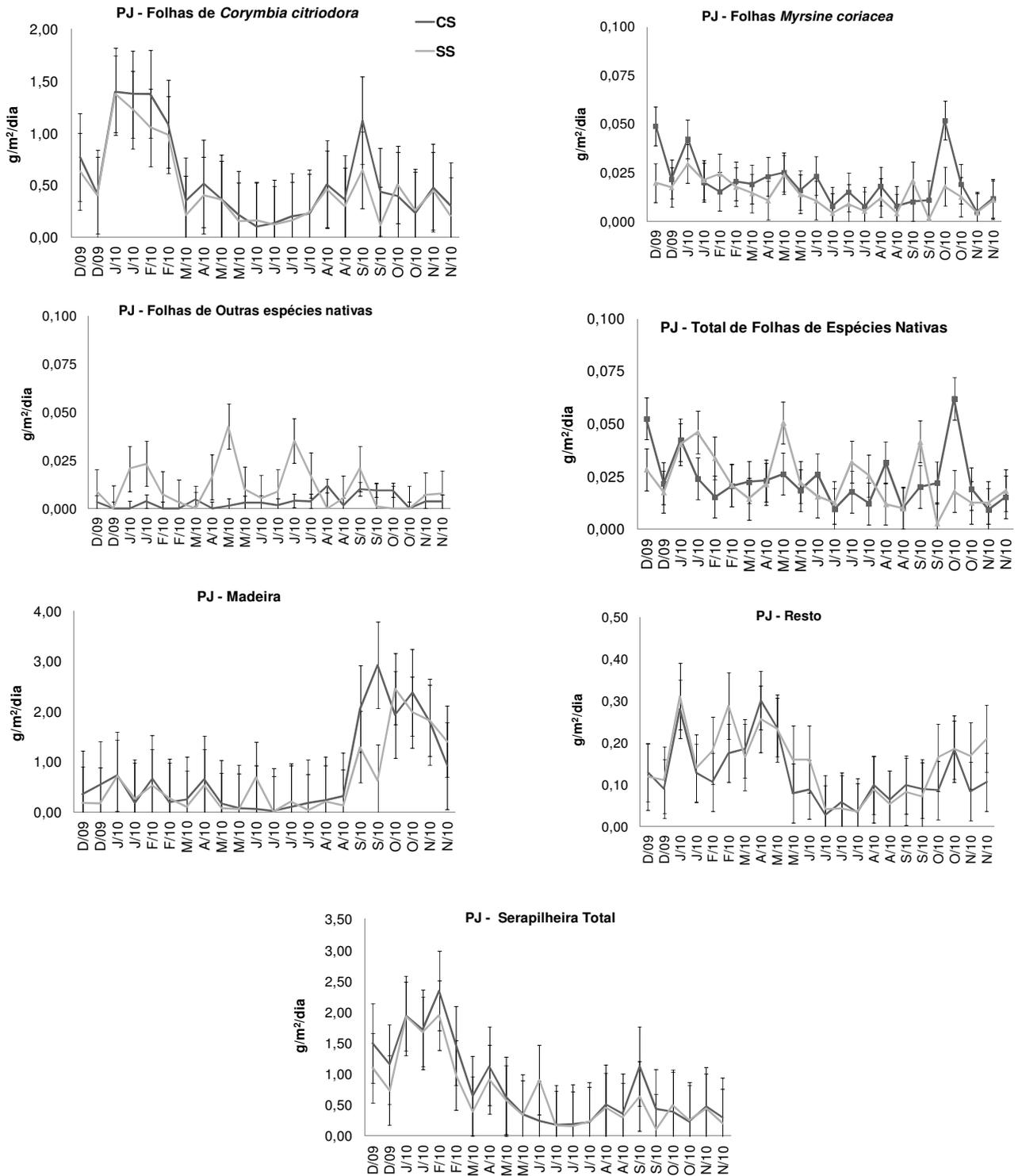


Figura 13. Produção anual de serapilheira total, folhas de *Corymbia citriodora*, folhas de *Myrsine coriacea*, folhas de outras espécies nativas de Mata Atlântica, madeira e resto, ao longo de 366 dias amostrais no Plantio Jovem (PJ) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ ($\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$). Valores indicando a média entre 3 coletores de $0,49\text{m}^2$ /parcela, distribuídos em cada uma das cinco parcelas de presença (CS) e remoção (SS) de serapilheira.

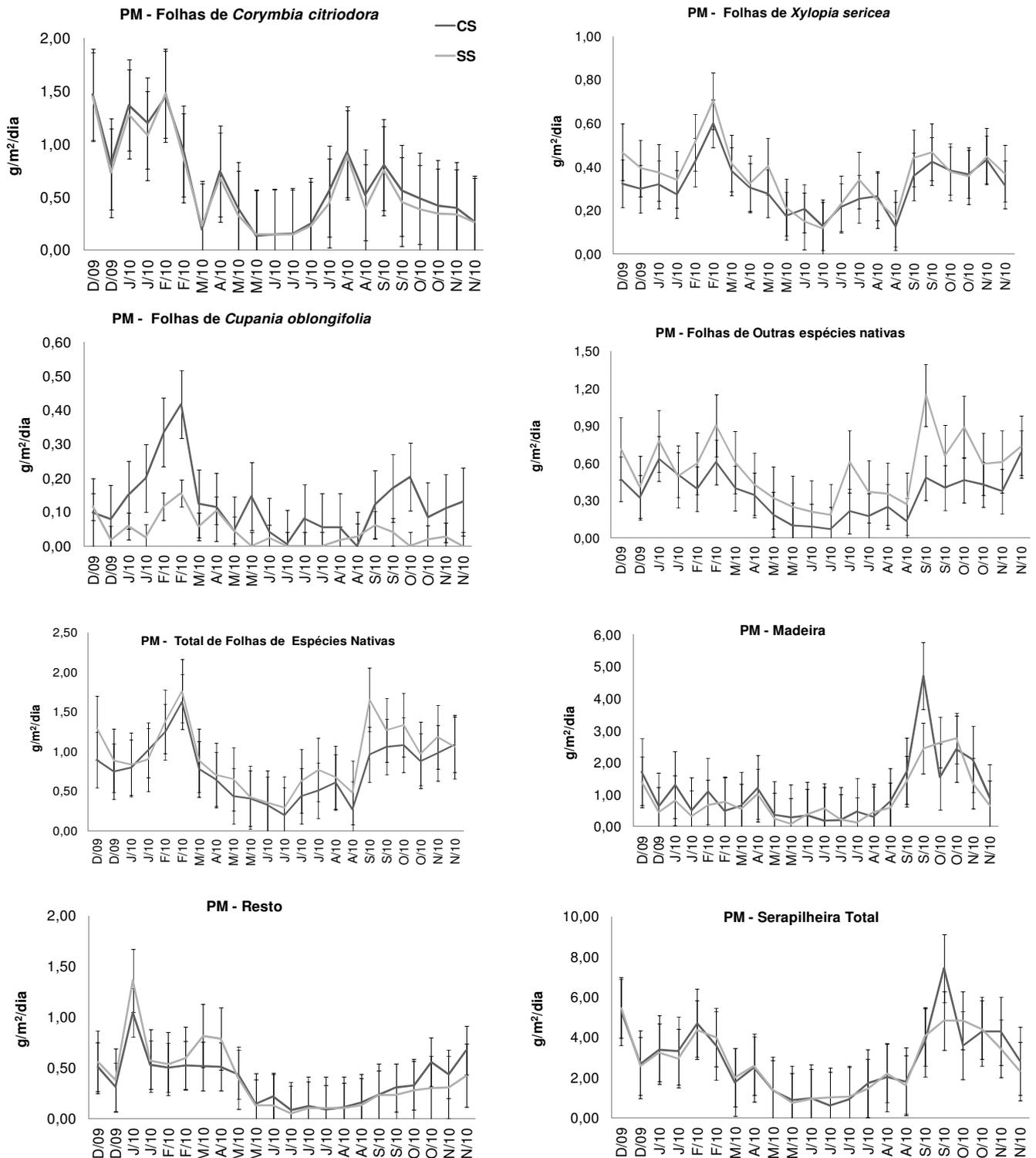


Figura 14. Produção anual de serapilheira total e frações no Plantio Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ ($\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), ao longo de 366 dias amostrais. Valores indicando a média entre 3 coletores de $0,49\text{m}^2$ /parcela, distribuídos em cada uma das cinco parcelas de presença (CS) e remoção (SS) de serapilheira.

Concentração de carbono e nutrientes na serapilheira produzida

Devido à coleta de ínfima quantidade de material referente a folhas de outras espécies nativas de Mata Atlântica na serapilheira produzida no PJ, não foi possível realizar a análise química do mesmo. Portanto, não foram obtidos dados da concentração e aporte de elementos desta fração da serapilheira, no PJ.

A concentração dos elementos na serapilheira total anual produzida no PJ correspondeu à seguinte ordem decrescente: C>Ca>K>Mg>P>N, enquanto que no PM, C>Ca>Mg>K>N>P, independentemente do tratamento de serapilheira (Anexo 16). Não foi detectado um padrão de resposta das concentrações de C e N totais, de Ca e da razão C/N na serapilheira, em função da manipulação da serapilheira. Contudo, no geral, observou-se a diminuição das concentrações de K e Mg, em ambos os plantios, e de P, no PM, em diferentes frações de serapilheira, em função da remoção (SS) (Figuras 15 e 16; Anexo 16). Comparando as frações de serapilheira, o efeito de diminuição da concentração de elementos na serapilheira em virtude da remoção (SS) foi mais frequente em folhas, tanto de *Corymbia citriodora* como de espécies nativas de Mata Atlântica, em ambos os plantios (Figuras 15 e 16; Anexo 16).

Com relação ao Ca, houve divergência nos resultados. Isto porque, com a remoção (SS), a concentração deste elemento diminuiu em folhas de *Corymbia citriodora* no PM. Em contrapartida, a concentração de Ca aumentou nesta mesma fração de serapilheira, no PJ, em função da remoção (SS) da serapilheira. Também se observou que, com a remoção (SS), a concentração de N total aumentou na fração madeira da serapilheira no PM. Como consequência, a razão C/N para esta fração, no PM, foi diminuída com a remoção (SS) da serapilheira (Figura 16; Anexo 16).

Estimou-se a diminuição percentual da concentração de nutrientes em função da remoção (SS) da serapilheira, quando este efeito foi significativo, com base nos dados apresentados no Anexo 16. Neste sentido, a remoção (SS) da serapilheira foi responsável pela diminuição da concentração de K em 41% em folhas de *Corymbia citriodora*, de 69% em folhas de *Myrsine coriacea*, de 70% na madeira e de 42% na serapilheira total no PJ. No PM esta redução foi de 29% em folhas de outras espécies nativas e de 77% no total de folhas de espécies nativas de Mata Atlântica.

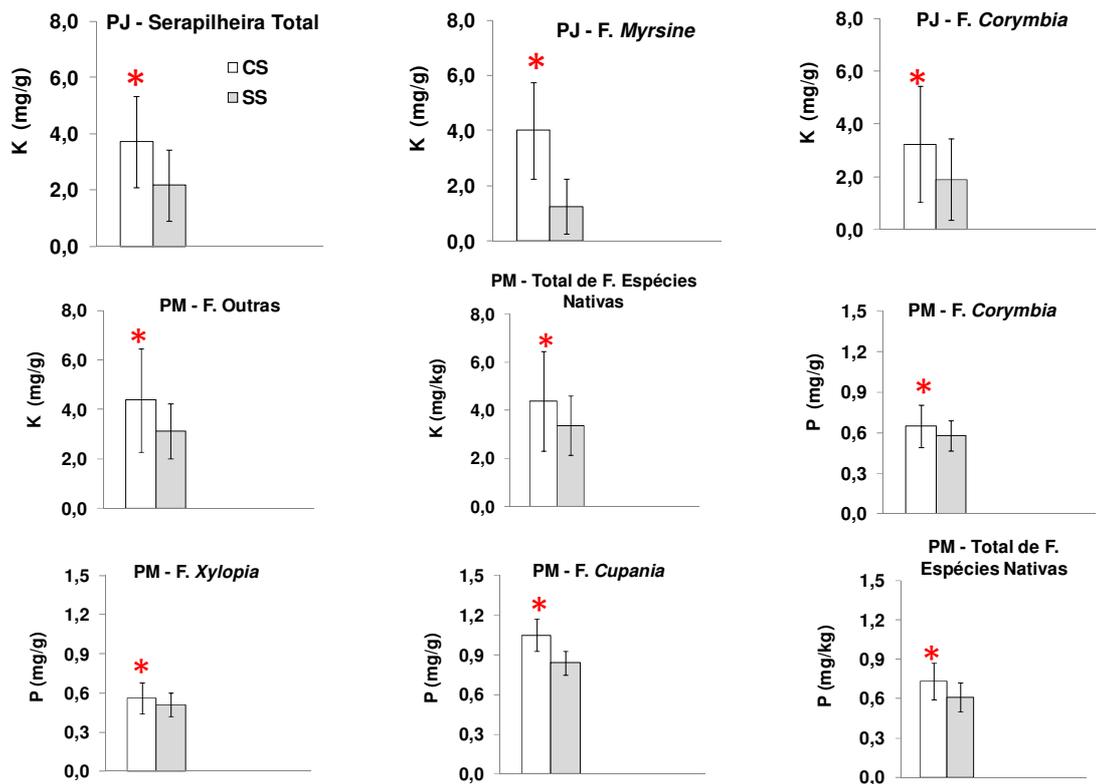


Figura 15. Concentração de K e P da serapilheira anual total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre CS e SS. As barras representam valores da média geral dos plantios (PJ e PM) por tratamento, baseado no anexo 16.

Em se tratando do Mg, sua concentração foi diminuída na remoção (SS) da serapilheira em 11% no resto produzido no PJ, em 13% em folhas de outras espécies nativas, em 10% no total de folhas de espécies nativas e em 8% na serapilheira total no PM. No caso do P, a remoção (SS) da serapilheira ocasionou a diminuição da concentração em 11% em folhas de *Corymbia citriodora*, 9% em folhas de *Xylopia sericea*, 20% em folhas de *Cupania oblongifolia* e 16%, no total de folhas de espécies nativas de Mata Atlântica, no PM. Quanto ao Ca, houve diminuição de 7% da sua concentração em folhas de *Corymbia citriodora* na serapilheira do PM, como resposta à remoção (SS).

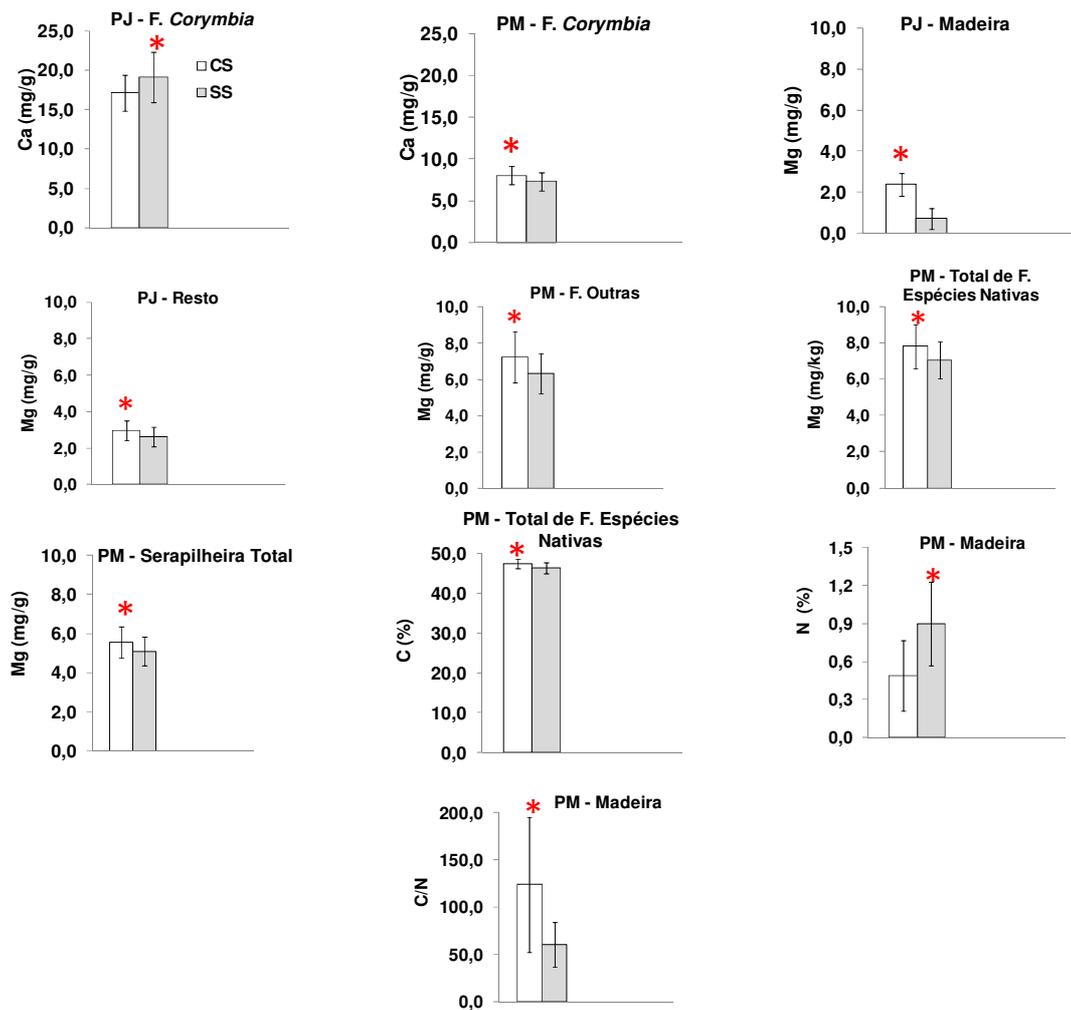


Figura 16. Concentração de Ca, Mg, C e N totais e razão C/N da serapilheira anual total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre CS e SS. As barras representam valores da média geral dos plantios (PJ e PM) por tratamento, baseado no anexo 16.

Pela interação significativa entre os tratamentos de serapilheira (áreas) e as datas de coleta (tempo) mostrada pelo teste de ANOVA *Repeated*, na serapilheira total produzida, houve a influência dos tratamentos de serapilheira, sobre as concentrações de K e Mg na serapilheira anual total produzida em ambos os plantios de *Corymbia citriodora*, e sobre as concentrações de P e de Ca na serapilheira total anual no PJ e no PM, respectivamente, ao longo do período amostrado. Por outro lado, não houve influência dos tratamentos de serapilheira sobre as concentrações

de C e N totais e razão C/N na serapilheira anual total produzida tanto no PJ quanto no PM, durante o período de estudo (Figuras 17 e 18; Anexos 17 a 19).

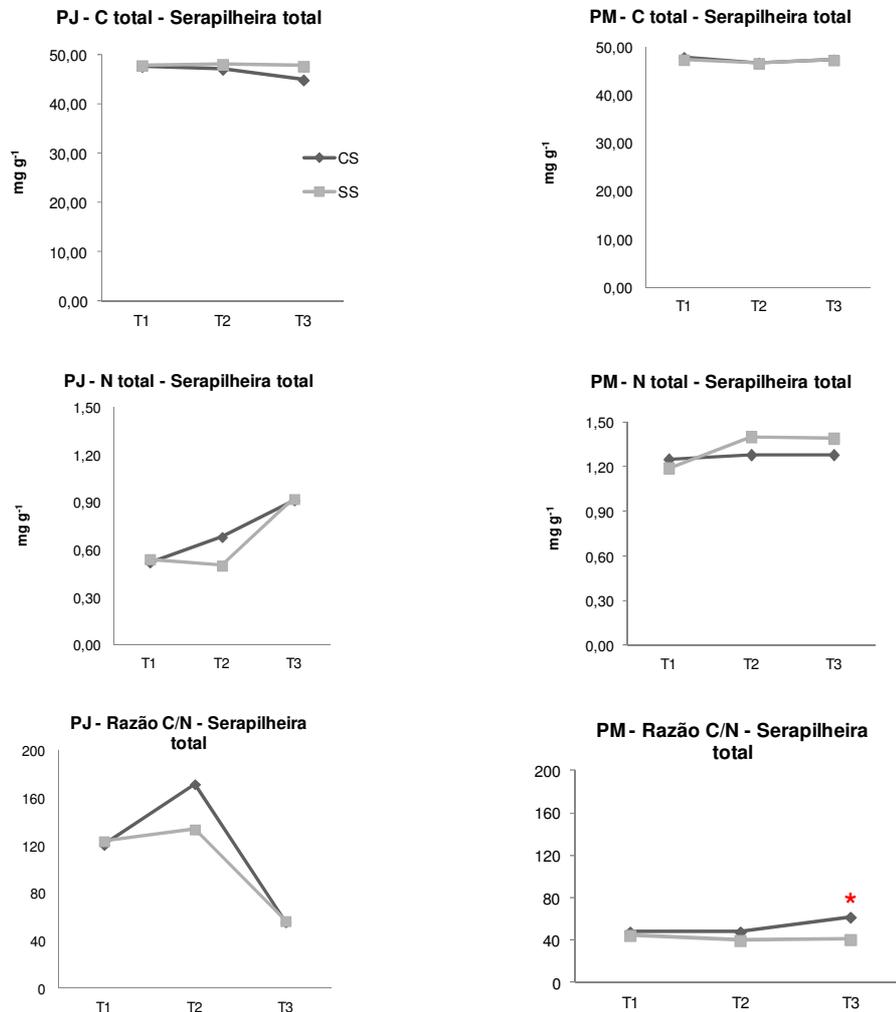


Figura 17. Variação anual das concentrações de C e N totais e razão C/N da serapilheira anual total produzida nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), na Reserva Biológica União, RJ. Tempos agrupados: T1 = dez/09 a mar/10; T2 = abr a jul/10; T3 = ago a nov/10. *indica diferenças significativas entre CS e SS.

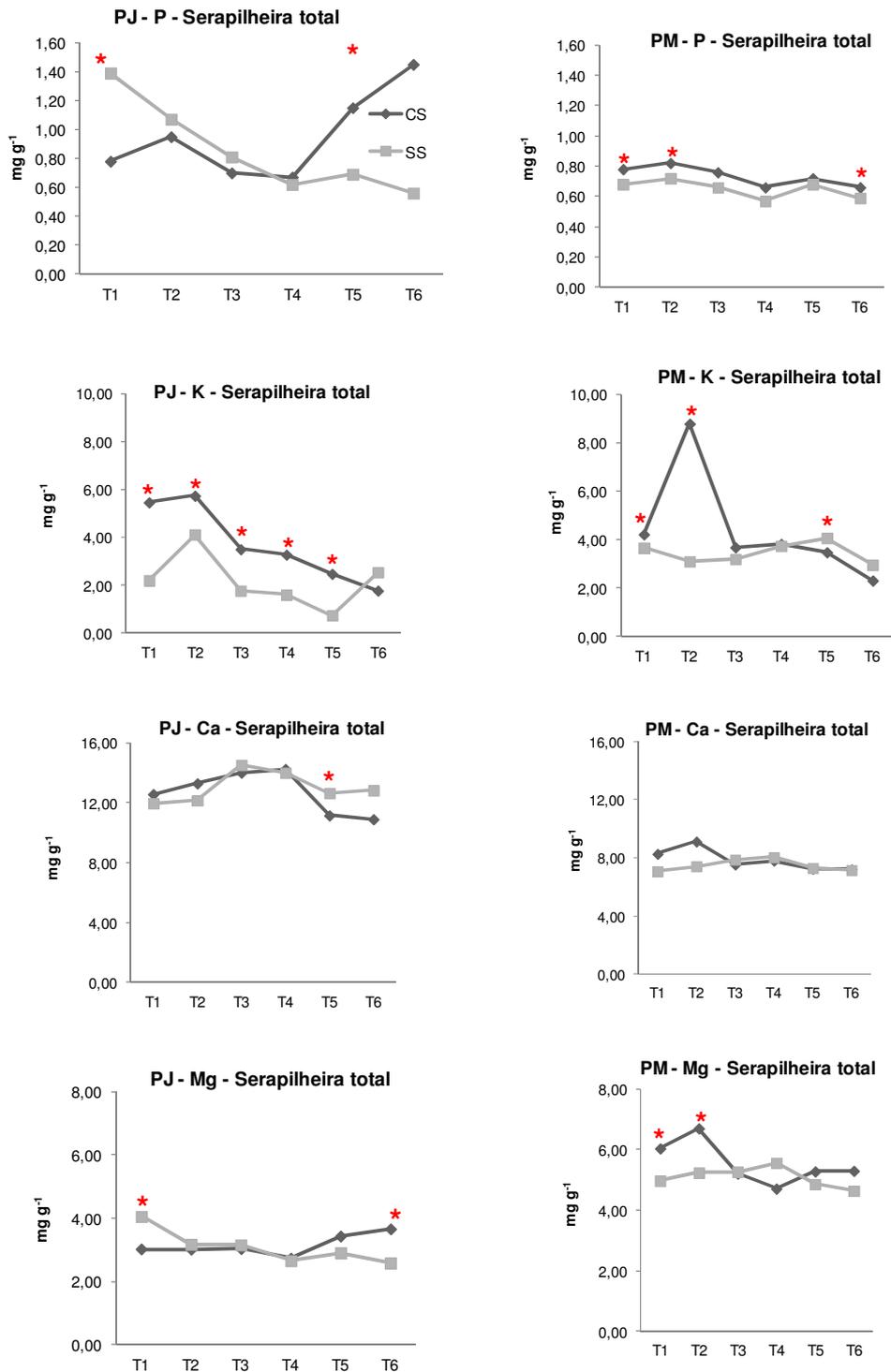


Figura 18. Variação anual das concentrações de P, K, Ca e Mg da serapilheira anual total produzida nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), na Reserva Biológica União, RJ. Tempos agrupados: T1 = dez/09 e jan/10; T2 = fev e mar/10; T3 = abr e mai/10; T4 = jun e jul/10; T5 = ago e set/10; T6 = out e nov/10. * indica diferenças significativas entre CS e SS.

De uma maneira geral, a análise de cada tempo individualmente não indicou diferenças estatísticas entre os tratamentos de serapilheira, nos plantios de *Corymbia citriodora*, para as concentrações de C e N totais e a razão C/N, na serapilheira total. Contudo, houve diferenças significativas entre a remoção (SS) e a presença (CS) da serapilheira no que se refere às concentrações de K e P, principalmente, e de Ca e Mg na serapilheira total, nos plantios de *Corymbia citriodora*. Com a remoção (SS) ocorreu a diminuição da concentração de K, P, Ca e Mg na serapilheira total nos diferentes tempos analisados, com destaque para os tempos 1 (T1) e 2 (T2), nos plantios de *Corymbia citriodora*. Em contrapartida, na remoção (SS) foi observado o aumento das concentrações de P e Mg na serapilheira total no tempo 1 (T1) e de Ca no tempo 5 (T5), no PJ; e de K no tempo 5 (T5), no PM (Figuras 17 e 18; Anexos 17 a 19).

Aporte de carbono e nutrientes

O aporte de nutrientes da serapilheira total para o solo seguiu a seguinte ordem decrescente C>N>Ca>Mg>K>P, nos dois plantios de *Corymbia citriodora*, independentemente do tratamento de serapilheira (Anexo 20). A remoção da serapilheira (SS) ocasionou a diminuição do aporte de K em praticamente em todas as frações de serapilheira no PJ, com exceção de resto, o que se refletiu na diminuição do aporte deste elemento via serapilheira total, neste último plantio. De fato, com a remoção (SS) da serapilheira no PJ, ocorreu a diminuição do aporte de K em 24%, 61%, 54% e 48% em folhas de *Myrsine coriacea*, de *Corymbia citriodora*, madeira e serapilheira total, respectivamente. No PJ, o aporte de N também foi diminuído em XX% em folhas de *Myrsine coriacea*, com a remoção (SS). E, no caso do PM, o aporte de todos os elementos investigados foi diminuído com a remoção (SS) da serapilheira, na ordem de 63% para N, 62% Mg, 61% Ca, 60% para C e 56% P, em folhas de *Cupania oblongifolia* (Figuras 19 e 20; Anexo 20).

Contudo, em folhas de outras espécies nativas de Mata Atlântica no PM, verificou-se aumento do aporte de C, N, P e Mg com a remoção (SS). O mesmo padrão ocorreu para o aporte de N em folhas de *Xylopiya sericea* e na serapilheira total no PM, e no resto no PJ (Figuras 19 e 20; Anexo 20).

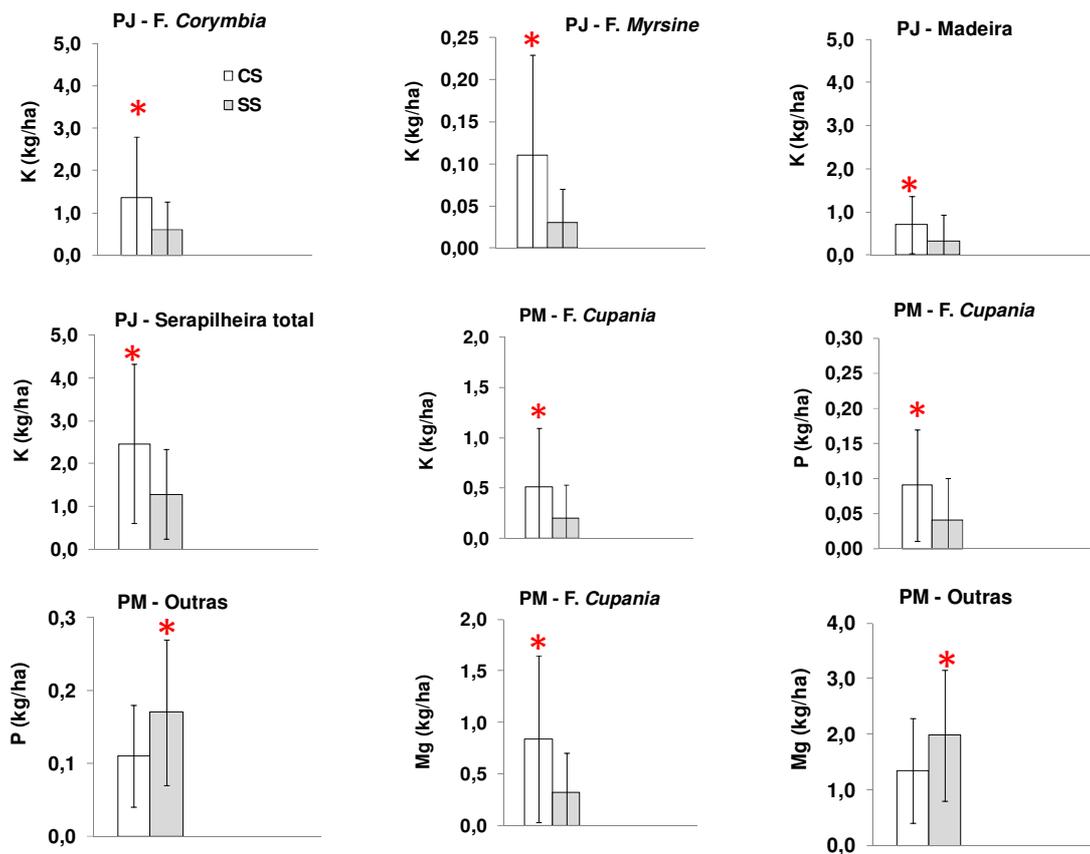


Figura 19. Aporte de K, P e Mg da serapilheira anual total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre CS e SS. As barras representam valores da média geral dos plantios (PJ e PM) por tratamento, baseado no anexo 20.

A interação significativa entre os tratamentos de serapilheira (áreas) e as datas de coleta (tempo) mostrada pelo teste de ANOVA *Repeated* revelou que houve a influência dos tratamentos de serapilheira, sobre o aporte de C, K e Mg na serapilheira anual total produzida em ambos os plantios de *Corymbia citriodora*, e sobre o aporte de P e Ca na serapilheira total anual no PJ, ao longo do período amostrado. Em contrapartida, não houve influência dos tratamentos de serapilheira sobre o aporte de N na serapilheira anual total produzida tanto no PJ quanto no PM, e o aporte de P e Ca no PM, durante o período de estudo (Figuras 21 e 22; Anexos 21 a 23).

Por meio da análise de cada tempo individualmente, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos de serapilheira, quanto aos aportes de

N, P, Ca e Mg no PM, e de N no PJ, pela serapilheira total. Com a remoção (SS) ocorreu a diminuição do aporte de C na serapilheira total principalmente no tempo 3 (T3), em ambos os plantios de *Corymbia citriodora*. No caso do K, P, Ca e Mg, a remoção (SS) ocasionou a diminuição do seu aporte principalmente no tempo 5 (T5), na serapilheira total no PJ. É importante salientar que, no caso do aporte de K pela serapilheira total no PJ, este efeito da remoção (SS) ocorreu em todos os tempos agrupados, com exceção do tempo 5 (T5) (Figuras 21 e 22; Anexos 21 a 23).

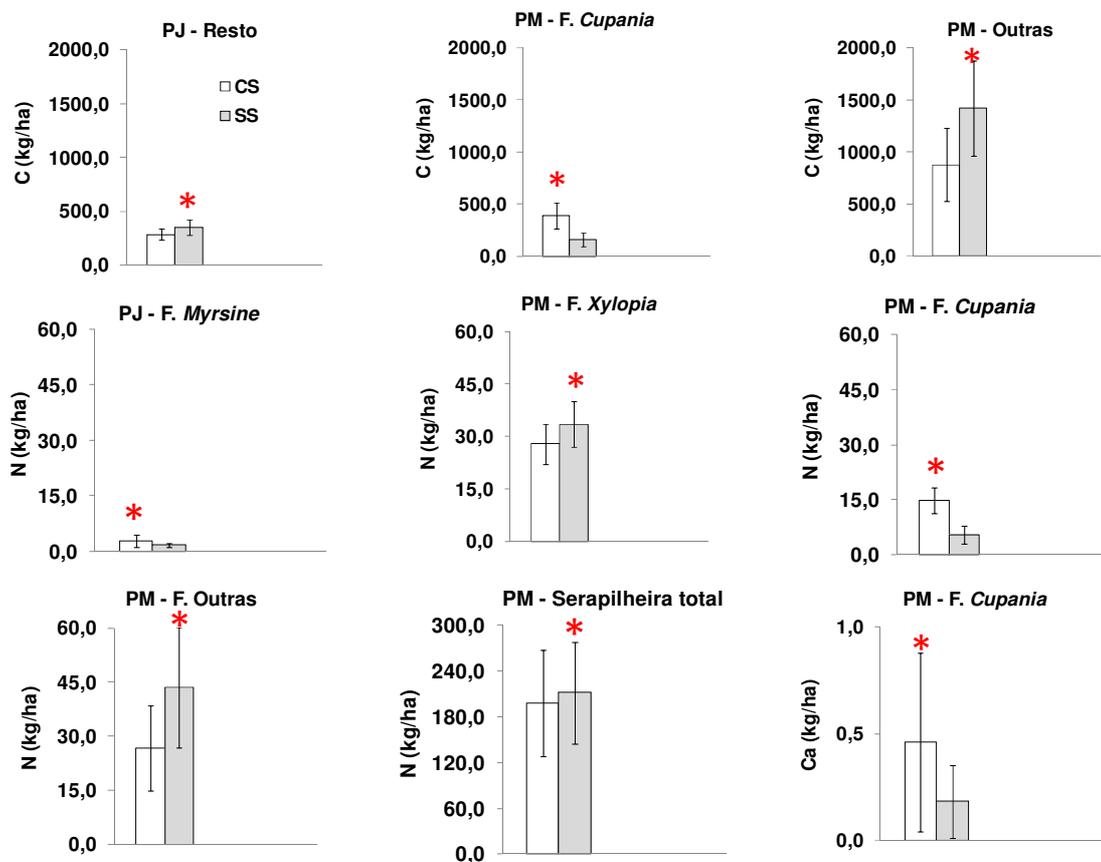


Figura 20. Aporte de C e N totais e de Ca da serapilheira anual total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira, na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre CS e SS. As barras representam valores da média geral dos plantios (PJ e PM) por tratamento, baseado no anexo 20.

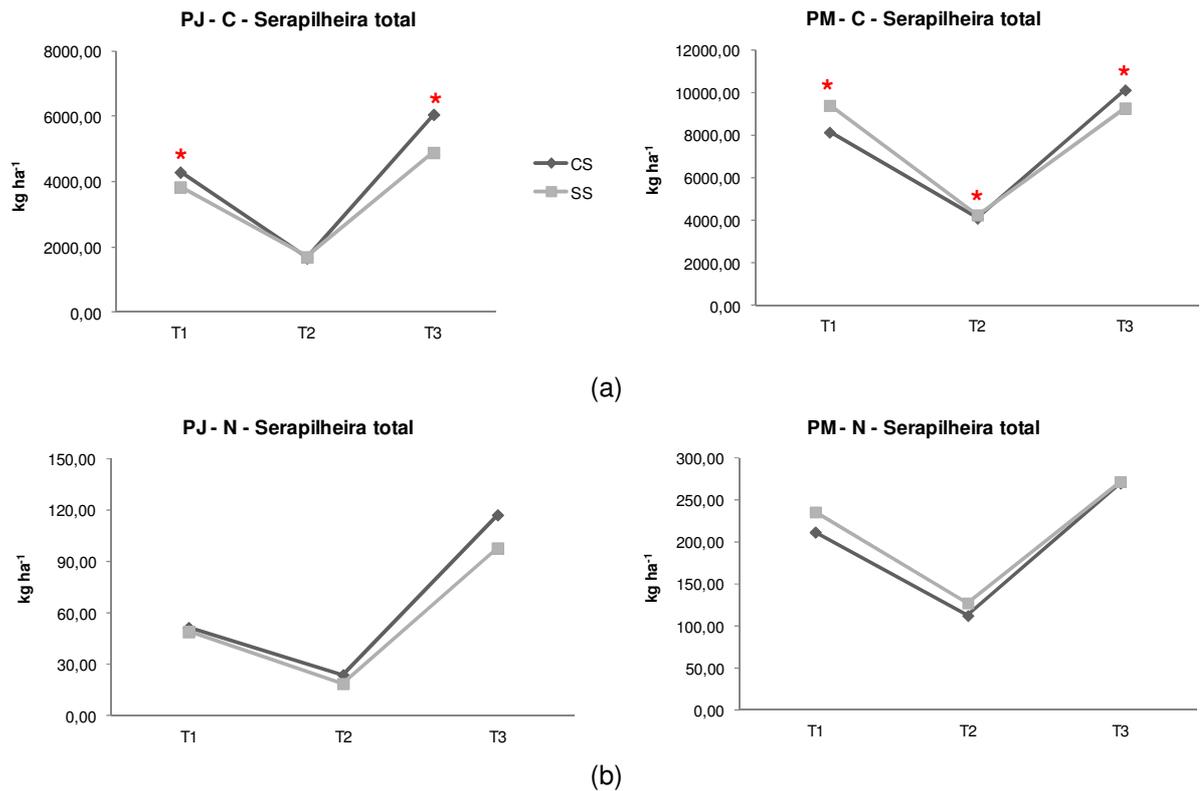


Figura 21. Variação anual do aporte de C e N da serapilheira anual total produzida nos plantios Jovem (PJ - a) e Maduro (PM - b) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), na Reserva Biológica União, RJ. Tempos agrupados: T1 = dez/09 a mar/10; T2 = abr a jul/10; T3 = ago a nov/10. *indica diferenças significativas entre CS e SS.

No PM, houve diferença significativa entre os tratamentos de serapilheira apenas no tempo 2 (T2), no qual a remoção (SS) da serapilheira influenciou menor aporte de K, na serapilheira total. Também foi verificado o aumento do aporte de elementos pela serapilheira total nos plantios de *Corymbia citriodora*, com a remoção (SS) da serapilheira (Figuras 21 e 22; Anexos 21 a 23).

Considerando o aporte total dos nutrientes analisados na presença (CS) da serapilheira, a contribuição das folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora* variou entre 42% e 59% no PJ, e entre 14% e 28%, no PM. Com a remoção (SS), estes valores praticamente não mudaram: entre 41% e 63% no PJ, e entre 16% e 27%, no PM. O mesmo ocorreu com relação à participação das folhas da serapilheira de espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica no aporte total de elementos, em ambos os plantios de *Corymbia citriodora*. Isto porque, na presença (CS) da serapilheira, a contribuição desta fração no aporte total de elementos ficou

compreendida entre 3% e 7% no PJ e, 29% e 52% no PM, enquanto que com a remoção (SS) da serapilheira, entre 2% e 5% no PJ, e entre 34% e 53%, no PM (Figuras 23 e 24).

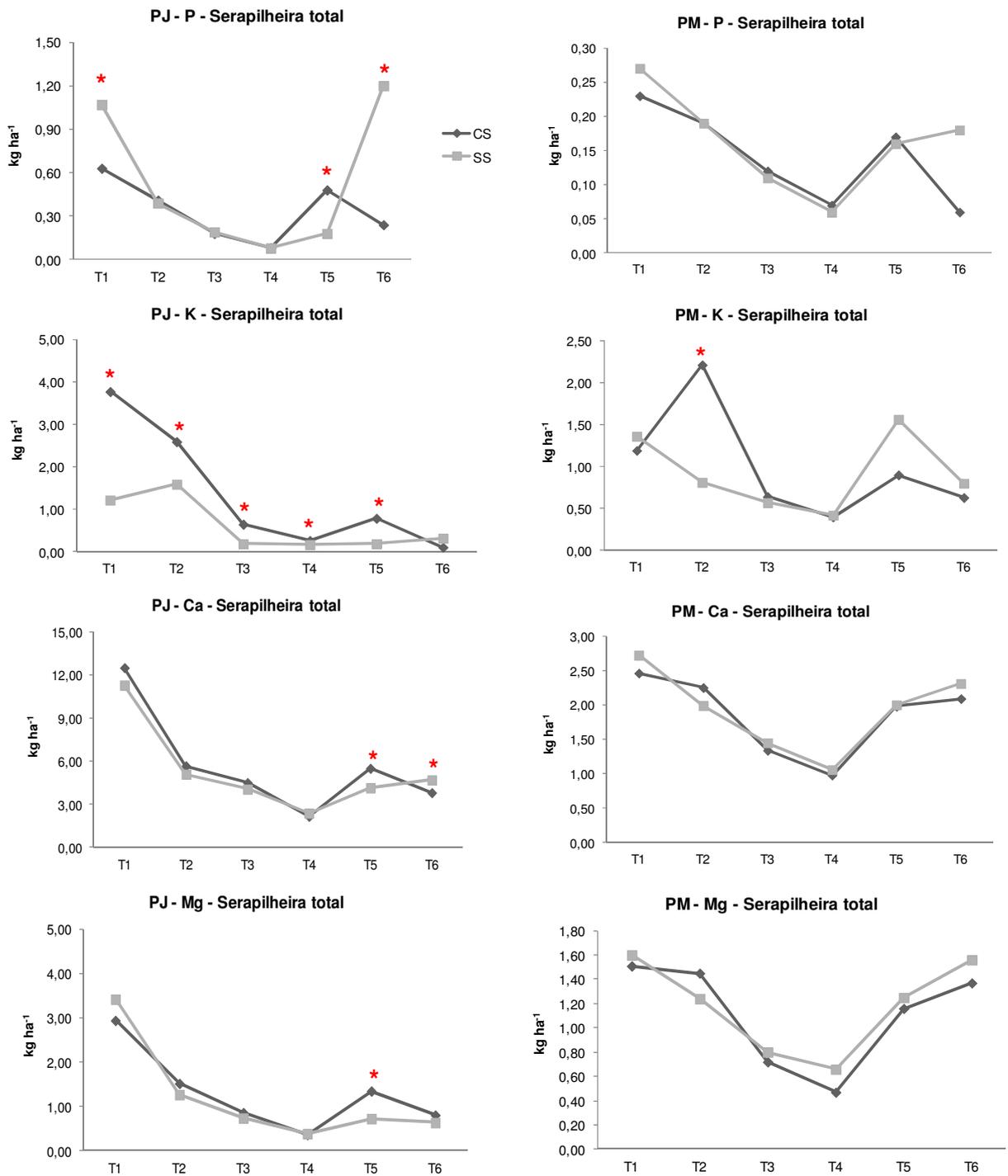


Figura 22. Variação anual do aporte de P, K, Ca e Mg da serapilheira anual total produzida nos plantios Jovem (PJ) e maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), na Reserva Biológica União, RJ. Tempos agrupados: T1 = dez/09 e jan/10; T2 = fev e mar/10; T3 = abr e mai/10; T4 = jun e jul/10; T5 = ago e set/10; T6 = out e nov/10. *indica diferenças significativas entre CS e SS.

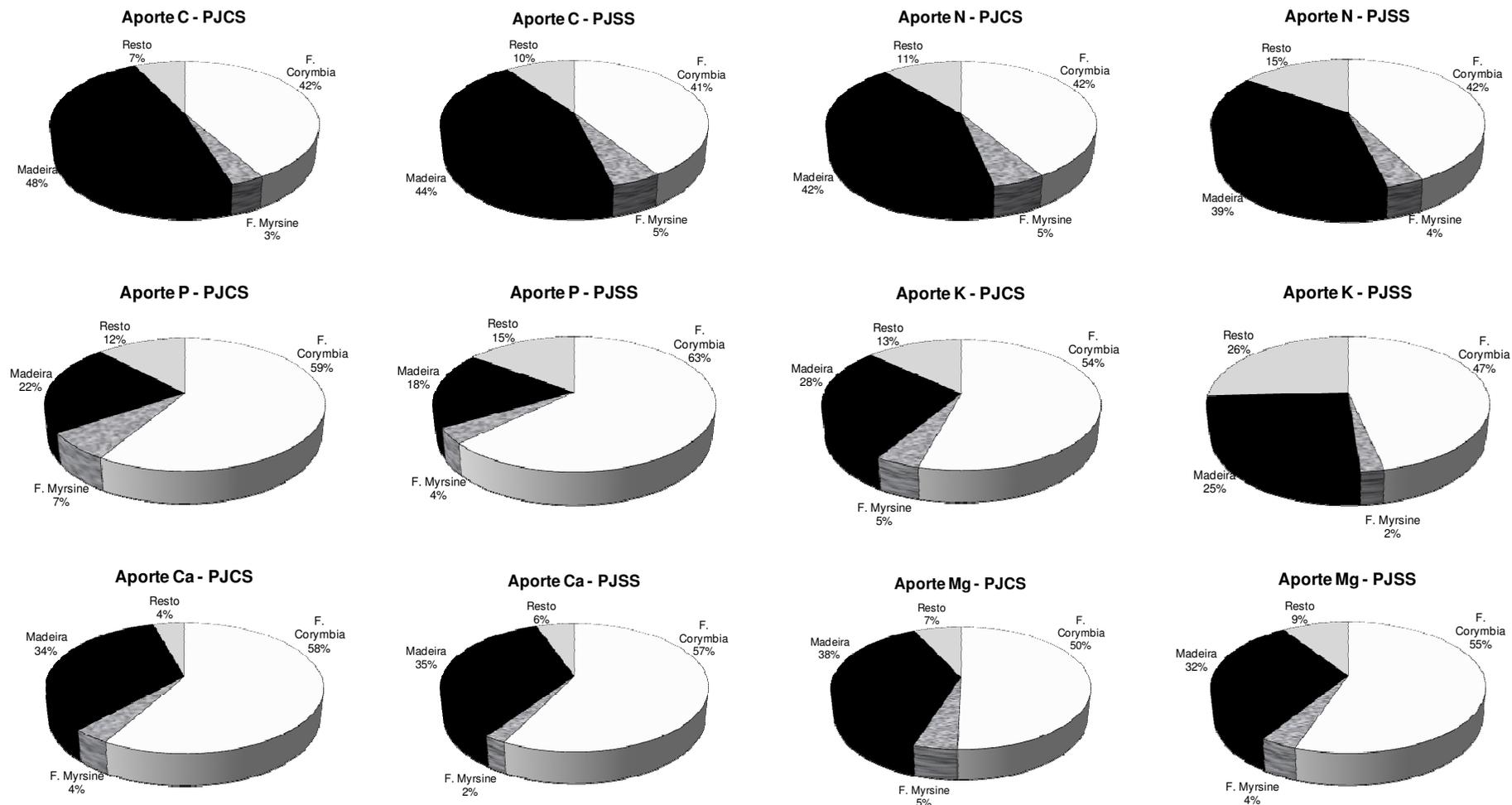


Figura 23. Contribuição percentual das frações de serapilheira anualmente produzida no aporte anual total de C, N, P, K, Ca e Mg no plantio Jovem (PJ) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), na Reserva Biológica União, RJ.

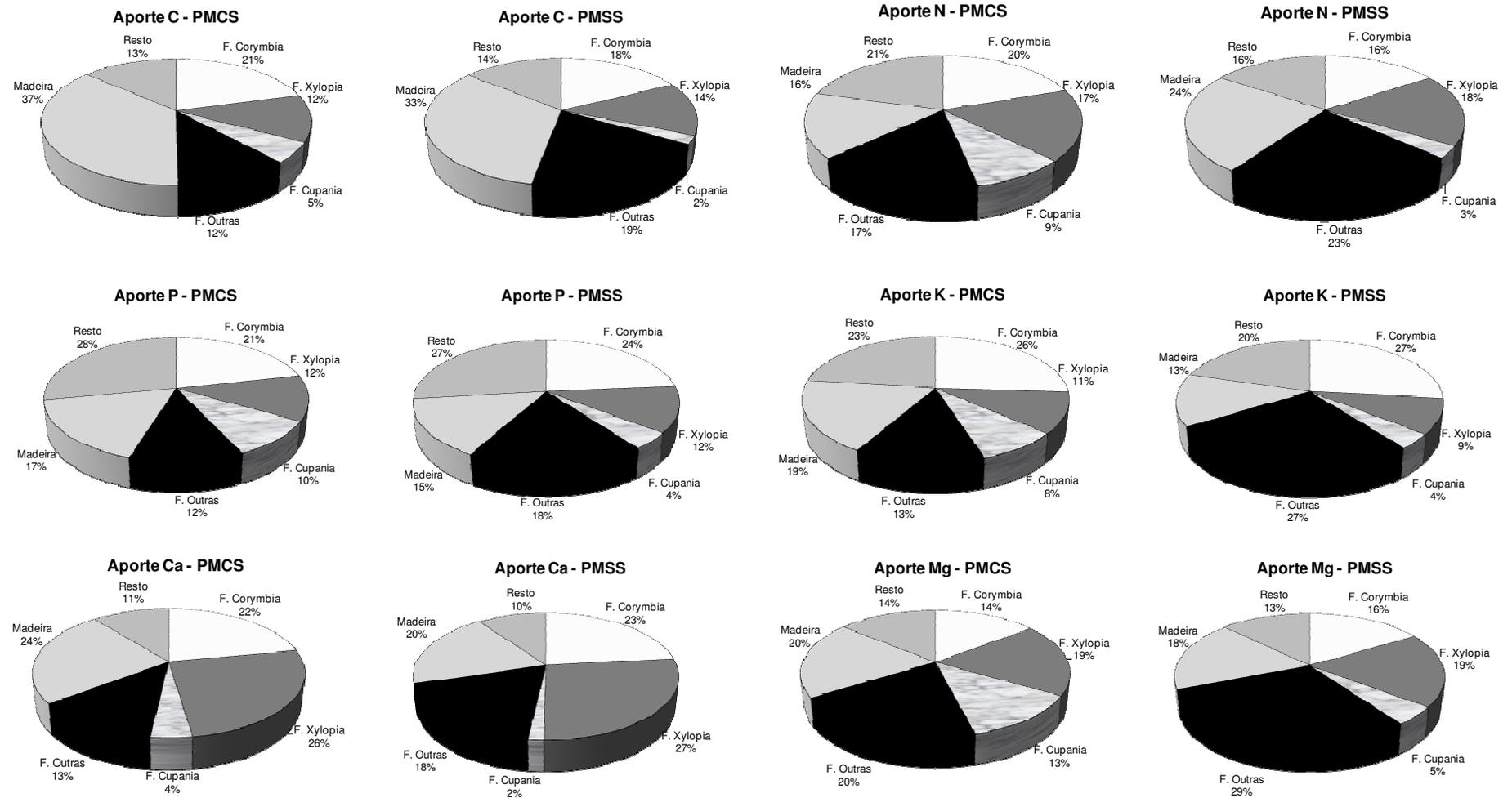


Figura 24. Contribuição percentual das frações de serapilheira anualmente produzida no aporte anual total de C, N, P, K, Ca e Mg no plantio Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), na Reserva Biológica União, RJ.

4.3.2. Efeito do estágio de regeneração natural

Produção anual de serapilheira

A produção anual de serapilheira total e de todas as frações foi significativamente maior no PM do que no PJ (Tabela 3). Houve variação na participação das frações na serapilheira anual produzida, conforme avançou o estágio de regeneração natural de Mata Atlântica nos plantios de *Corymbia citriodora*. No PJ, encontrou-se a seguinte ordem decrescente: madeira > folhas de *Corymbia citriodora* > resto > folhas de espécies nativas de Mata Atlântica. Já no PM: madeira > folhas de espécies nativas > folhas de *Corymbia citriodora* > resto. Isto porque as folhas de *Corymbia citriodora* contribuíram com 41% e 23% de toda a serapilheira anual produzida no PJ e no PM, respectivamente. Por outro lado, todas as folhas de espécies nativas de Mata Atlântica representaram 2% e 28% da serapilheira total anual produzida no PJ e no PM, respectivamente, o que configurou um aumento de quase 15 vezes. Quanto à fração resto, sua contribuição praticamente dobrou, na comparação entre o PJ e o PM (Figura 11).

Considerando todo o conjunto de folhas da serapilheira, as folhas de *Corymbia citriodora* foram responsáveis por 96% e 46% deste, no PJ e no PM, respectivamente, ficando o restante por conta das folhas de espécies nativas de Mata Atlântica (Figura 12). De acordo com o teste ANOVA *Repeated*, houve interação significativa entre os estágios de regeneração natural (áreas) e as datas de coleta (tempo), o que revelou o efeito do estágio de regeneração natural, sobre a produção de serapilheira anual total e todas as frações, com exceção da fração madeira, durante o período amostrado (Figura 25). Conforme apresentado no item 4.3.1. do presente capítulo, a maior parte da serapilheira anual foi produzida durante o período chuvoso (setembro a abril), tanto no PJ quanto no PM (Figura 25).

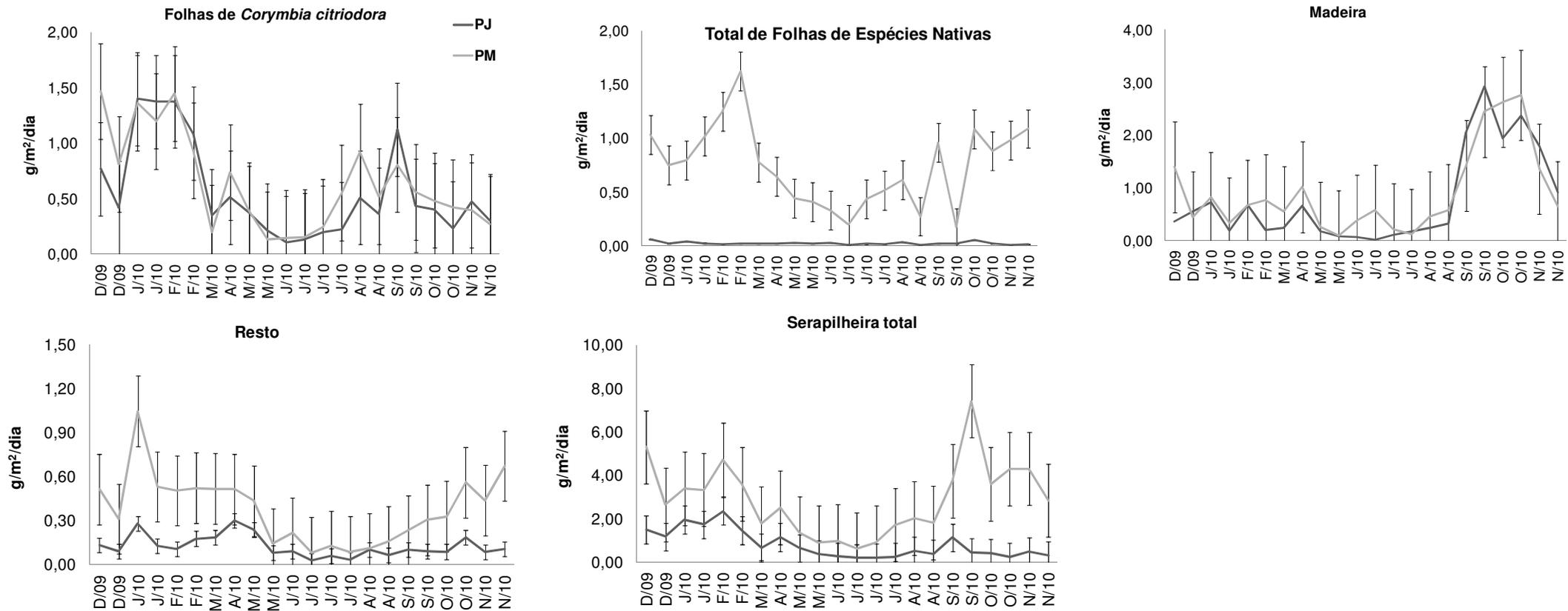


Figura 25. Produção anual de serapilheira total, folhas de *Corymbia citriodora*, folhas de outras espécies nativas de Mata Atlântica, madeira e resto, ao longo de 366 dias amostrais nos Plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ ($\text{g m}^{-2} \text{dia}^{-1}$). Valores indicando a média entre 3 coletores de $0,49\text{m}^2/\text{parcela}$, distribuídos em cada um dos plantios.

Concentração de carbono e nutrientes

Houve diferenças significativas entre os estágios de regeneração natural nos plantios de *Corymbia citriodora*, quanto à razão C/N e à concentração de todos os elementos estudados na serapilheira anual total e frações, com exceção do C total. De uma maneira geral, as concentrações de N e Mg foram maiores na serapilheira anual total e em praticamente todas as frações no PM do que no PJ, ao passo que o oposto, ou seja, maiores concentrações na serapilheira anual total e frações no PJ do que no PM, foi verificado para P e Ca. Como reflexo do resultado para o N, os valores da razão C/N foram menores na serapilheira anual total e em todas as frações no PM, em relação ao PJ. Com relação ao K, somente houve diferença significativa em folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora*, cuja concentração foi maior no PM do que no PJ (Anexo 16; Figuras 26 e 27).

Estes resultados se refletiram em diferenças percentuais relevantes, no que se refere ao efeito do estágio de regeneração natural de Mata atlântica nos plantios de *Corymbia citriodora*, sobre as concentrações de nutrientes. Deste modo, conforme avançou o estágio de regeneração natural, ocorreu um aumento na concentração de N em folhas de *Corymbia citriodora* (40%), em folhas de espécies nativas de Mata Atlântica (51%), no resto (44%) e na serapilheira total (81%). O mesmo foi constatado para Mg (folhas de espécies nativas e madeira = 62%; resto = 16%; total = 44%) e K (aumento de 45% na concentração em folhas de *Corymbia citriodora*) (Anexo 16).

No entanto, o contrário, diminuição do valor das variáveis estudadas com o avançar da regeneração, também foi observado. Este foi o caso da razão C/N (folhas de *Corymbia citriodora* = 40%; folhas de espécies nativas = 58%; madeira = 106%; resto = 54%; serapilheira total = 123%); da concentração de Ca (folhas de *Corymbia citriodora* = 114%; folhas de espécies nativas = 53%; madeira = 153%; resto = 29%; serapilheira total = 61%); e de P (folhas de *Corymbia citriodora* = 49%; folhas de espécies nativas = 136%; serapilheira total = 30%) (Anexo 16).

Desta maneira, observou-se correlação significativa positiva entre o estágio de regeneração natural e os valores de concentração de N nas frações folhas de espécies nativas de Mata Atlântica ($r = 0,72$), folhas de *Corymbia citriodora* ($r = 0,45$), na serapilheira total ($r = 0,84$), e de Mg na fração folhas de espécies nativas ($r = 0,77$) e na serapilheira total ($r = 0,87$). Por outro lado, o oposto, correlação significativa negativa entre o estágio de regeneração natural e os atributos químicos

da serapilheira, foi encontrado no caso da razão C/N em folhas de *Corymbia citriodora* ($r = -0,57$), em folhas de espécies nativas ($r = -0,67$), na serapilheira total ($r = -0,65$), das concentrações de P em folhas de *Corymbia citriodora* ($r = -0,56$), em folhas de espécies nativas ($r = -0,66$), na serapilheira total ($r = -0,26$), e de Ca em folhas de *Corymbia citriodora* ($r = -0,94$) em folhas de espécies nativas ($r = -0,60$) e na serapilheira total ($r = -0,83$).

As concentrações de N total e de Mg na serapilheira total do PM foram maiores do que no PJ, em todos os tempos agrupados. Já a razão C/N e a concentração de Ca na serapilheira total foram maiores no PJ do que no PM, em pelo menos metade dos tempos agrupados (Figuras 26 e 27).

Não houve diferença entre os estágios de regeneração natural de Mata Atlântica nos plantios de *Corymbia citriodora* quanto à concentração de C total na serapilheira total, em nenhum dos tempos agrupados, enquanto que não houve um padrão claro para P e K na serapilheira total (Anexos 17 a 19 e Figuras 26 e 27).

Segundo o teste ANOVA *Repeated*, houve interação significativa entre os estágios de regeneração natural (áreas) e as datas de coleta (tempo), o que indicou que ocorreu influência do estágio de regeneração natural, sobre a razão C/N e as concentrações de P, K, Ca e Mg na serapilheira anual total, ao longo do período estudado. Este efeito não foi observado para as concentrações de C e N totais na serapilheira anual total (Figura 28).

A análise de cada tempo individualmente não indicou diferenças estatísticas entre os estágios de regeneração natural de Mata Atlântica, nos plantios de *Corymbia citriodora*, para as concentrações de C total, na serapilheira total. Entretanto, as concentrações de N total e de Mg foram maiores na serapilheira total do PM, em todos os tempos agrupados. O contrário, maiores valores na serapilheira total do PJ, foram observados para a razão C/N e as concentrações de Ca, em pelo menos metade dos tempos agrupados. Já no caso das concentrações de K e P na serapilheira total, não houve um padrão muito claro de variação em função do estágio de regeneração natural de Mata Atlântica, considerando todos os tempos agrupados (Figura 28; Anexos 17 a 19).

Foram observadas diferenças significativas, quanto aos atributos químicos, entre folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora* e folhas da serapilheira das espécies nativas de Mata Atlântica na regeneração natural, nos plantios da referida espécie de eucalipto. Em ambos os plantios, as folhas da serapilheira das espécies

nativas apresentaram maiores concentrações de N, P e Mg, além de menor razão C/N, do que as folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora*. E a concentração de Ca também foi maior em folhas da serapilheira das espécies nativas no PM, embora isto tenha se invertido no PJ, quando comparado com as folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora* (Anexo 16).

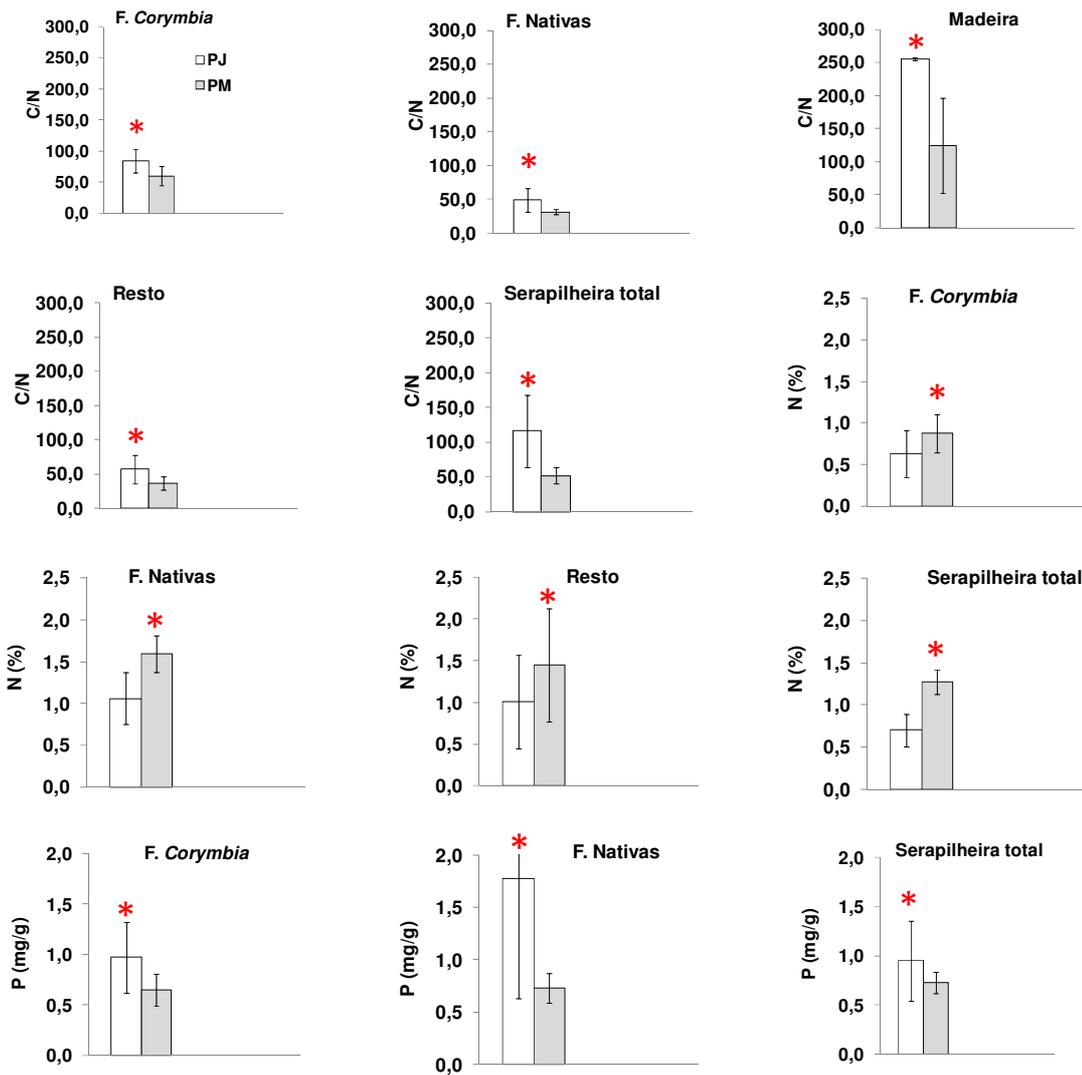


Figura 26. Razão C/N, concentração de N total e P da serapilheira anual total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre PJ e PM.

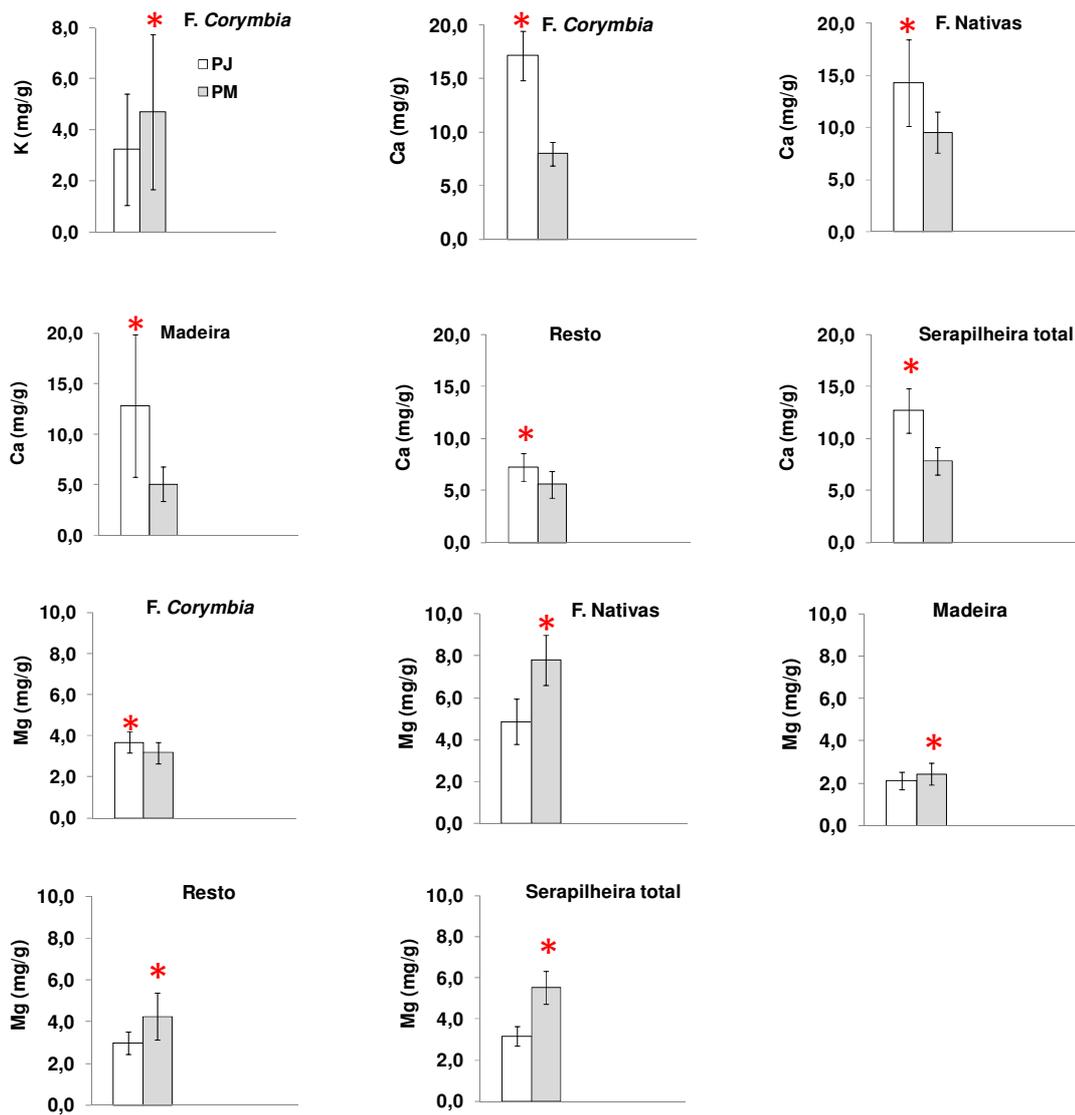


Figura 27. Concentração de K, Ca e Mg da serapilheira anual total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre PJ e PM.

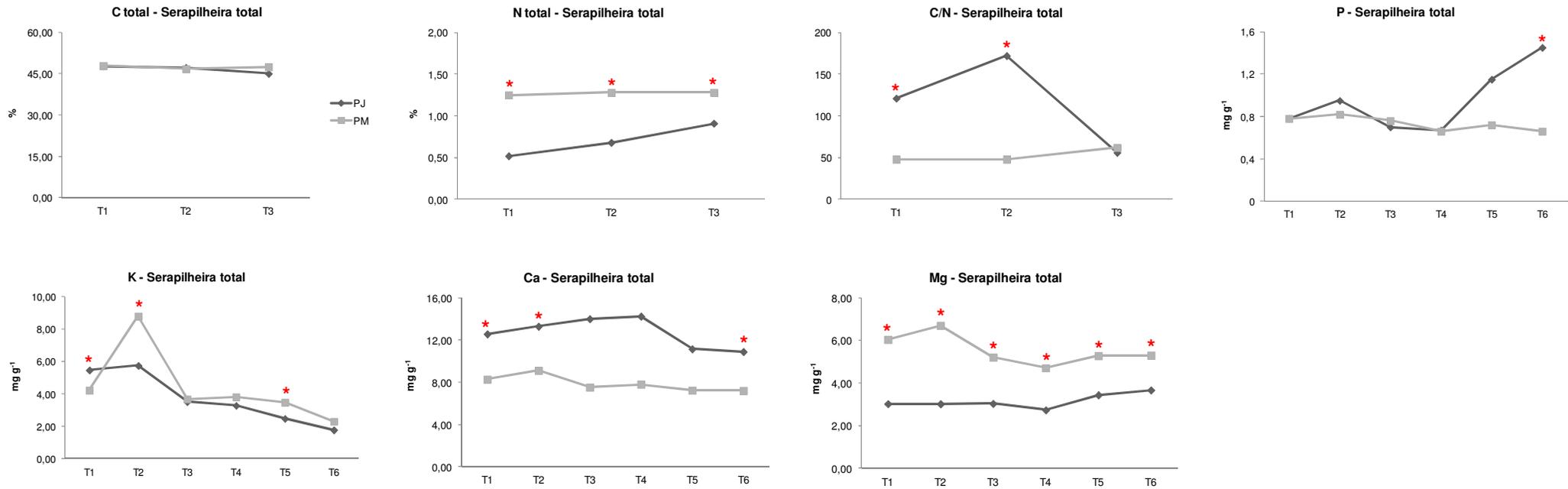


Figura 28. Variação anual da concentração de C e N totais e de nutrientes, e da razão C/N, da serapilheira anual total produzida nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ. Tempos agrupados: T1 = dez/09 a mar/10; T2 = abr a jul/10; T3 = ago a nov/10. *indica diferenças significativas entre PJ e PM.

Aporte de carbono e nutrientes

Os aportes de todos os elementos (C, N, P, K, Ca e Mg) foram maiores nas folhas da serapilheira de espécies nativas de Mata Atlântica e no resto do PM, do que do PJ. Este padrão se manteve para a serapilheira total, com exceção do Ca, uma vez que não houve diferenças para seu aporte, na comparação entre PJ e PM (Figuras 29 e 30; Anexo 20).

No PJ, a contribuição das folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora* variou entre 42% e 59%, enquanto que a de folhas da serapilheira de espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica, entre 3% e 7%, no aporte total de elementos minerais. Por outro lado, no aporte total de elementos no PM, a contribuição das folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora* ficou compreendida entre 14% e 28%, e a de espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica, entre 29% e 52%, respectivamente (Figuras 23 e 24).

Em ambos os plantios de *Corymbia citriodora*, os maiores aportes de C ocorreram em função da madeira. As folhas de *Corymbia citriodora* se destacaram como as grandes fontes para o aporte de N, P, K, Ca e Mg, no PJ. Em contrapartida, no PM, este papel foi desempenhado por folhas de espécies nativas de Mata Atlântica (Anexo 20).

O teste ANOVA *Repeated* demonstrou que houve interação significativa entre os estágios de regeneração natural (áreas) e as datas de coleta (tempo), o que indicou o efeito do estágio de regeneração natural, sobre o aporte de C, N, K, Ca e Mg na serapilheira anual total, ao longo do período estudado. Todavia, tal efeito não ocorreu para o aporte de P na serapilheira anual total (Figura 31).

Em praticamente todos os tempos agrupados, os aportes de C e N totais, K e Mg foram maiores na serapilheira total, em folhas de espécies nativas de Mata Atlântica e no resto do PM, quando comparado com o PJ. O mesmo padrão foi verificado para o aporte de Ca, em folhas de espécies nativas de Mata Atlântica e no resto, e em dois tempos agrupados, no caso da serapilheira total (Figura 31; Anexos 21 a 23).

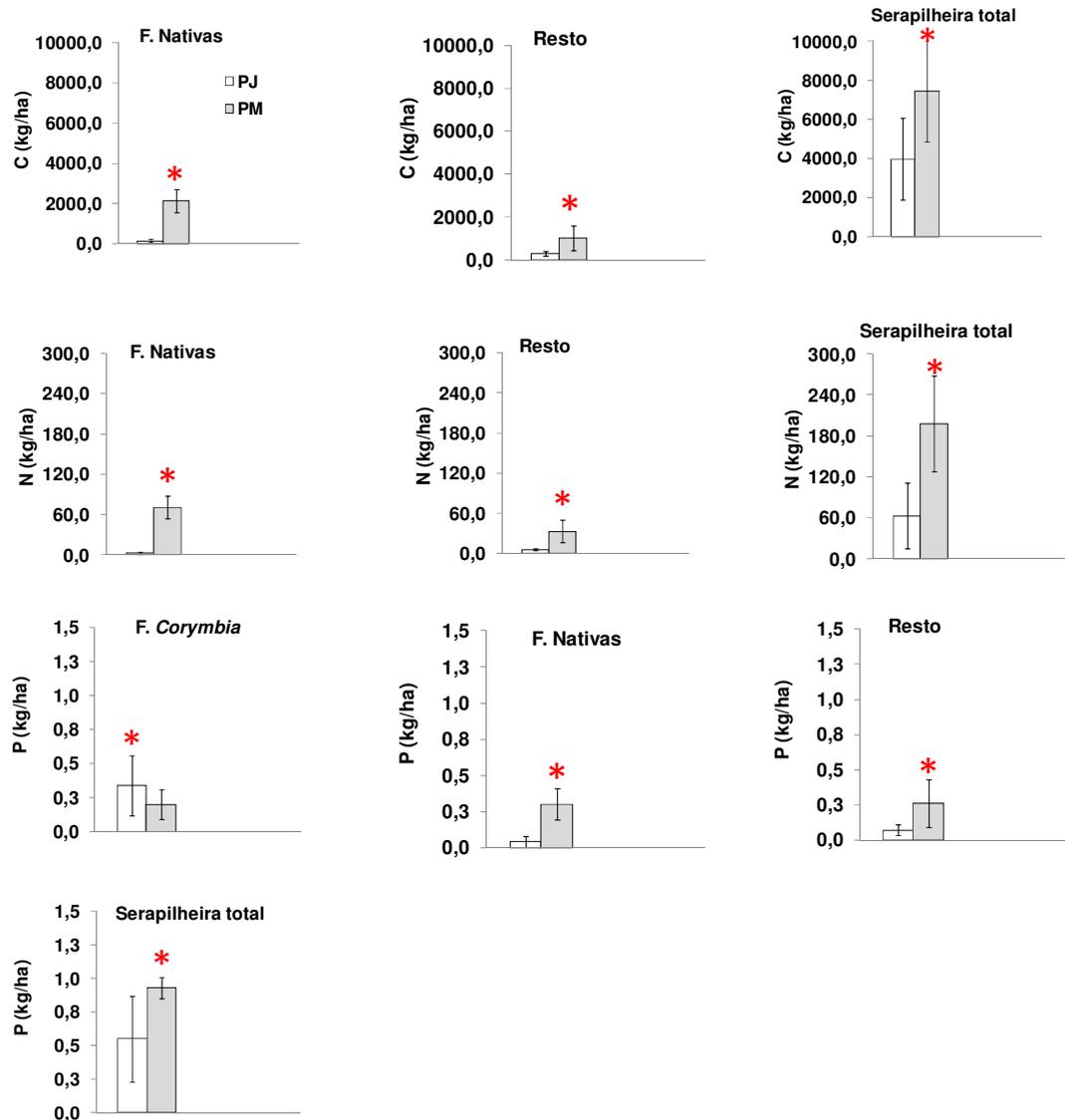


Figura 29. Aporte de C, N e P da serapilheira anual total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre PJ e PM.

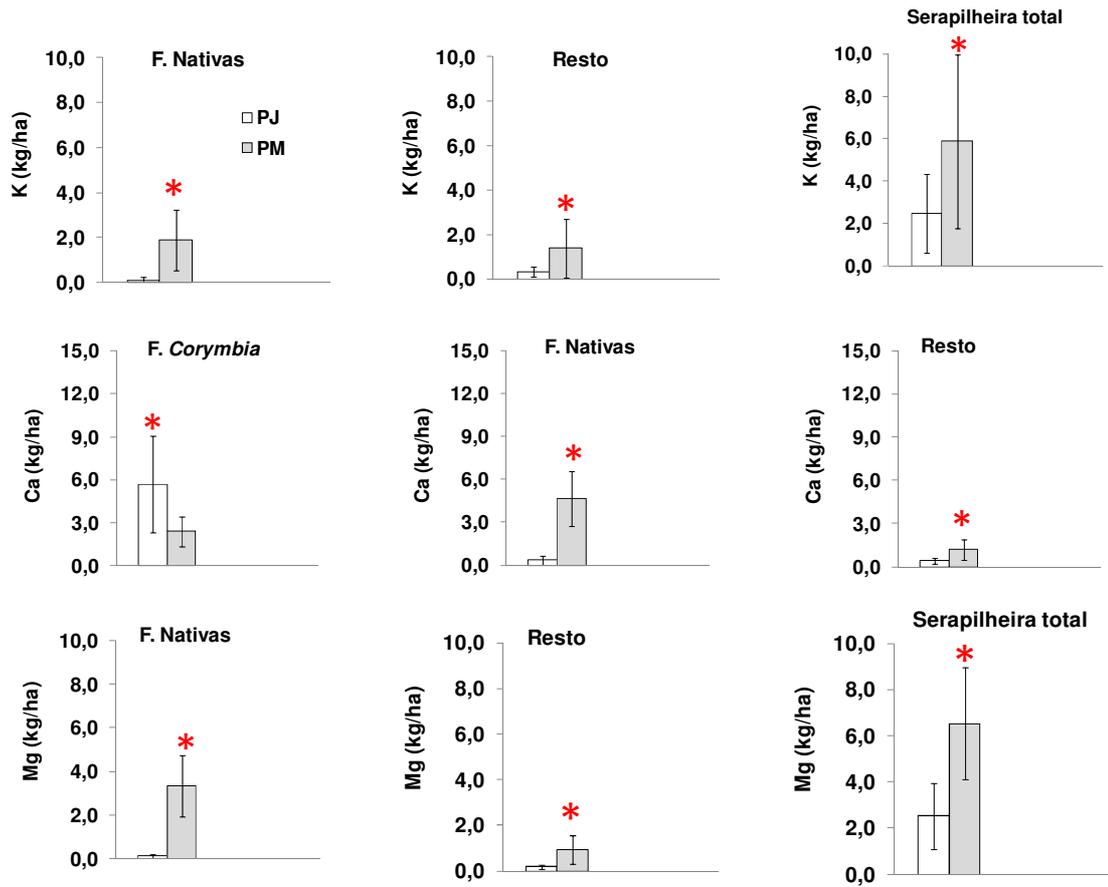


Figura 30. Aporte de K, Ca e Mg da serapilheira anual total e frações produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ, no período amostral de dezembro de 2009 a novembro de 2010. *indica diferenças significativas entre PJ e PM.

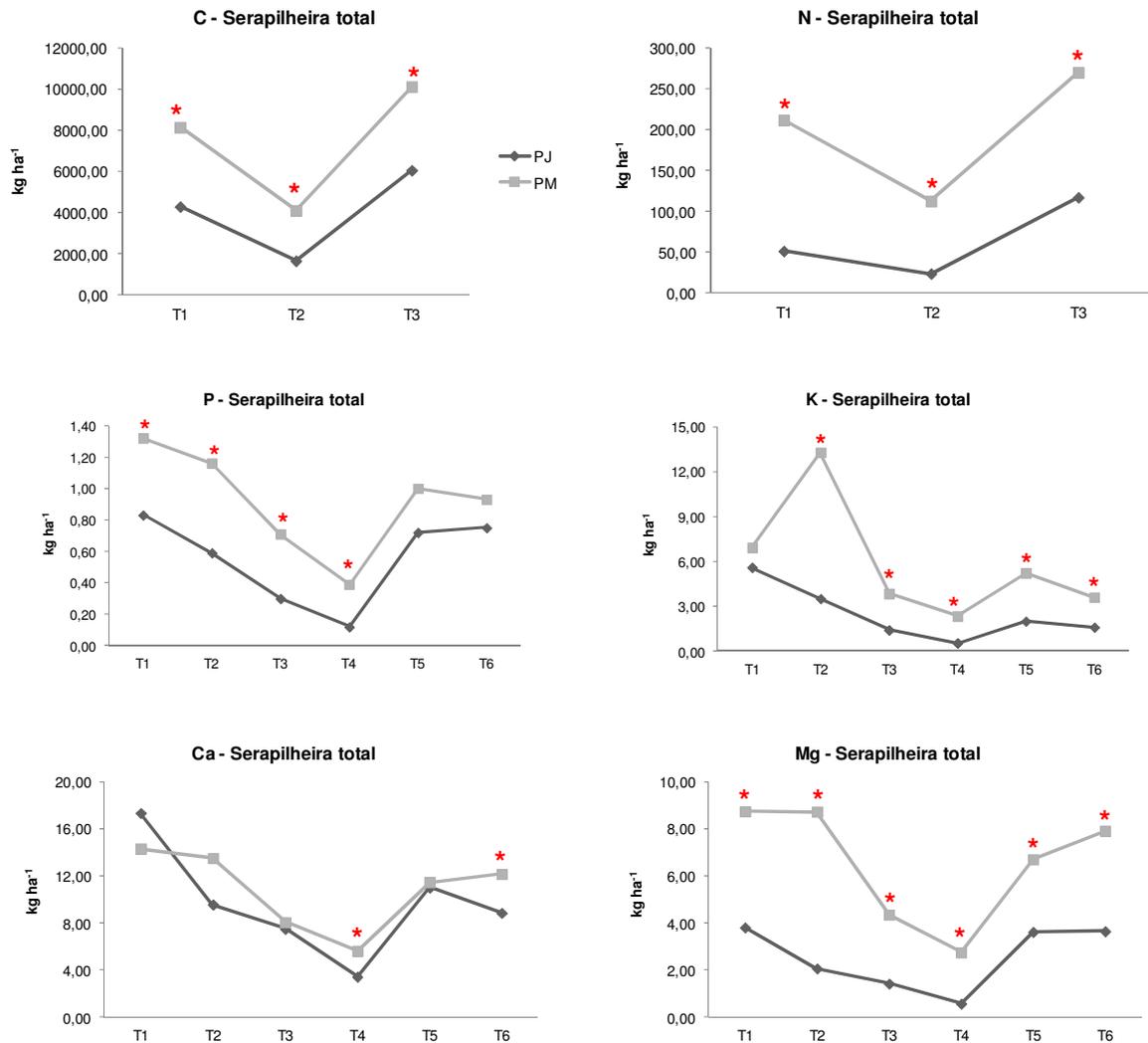


Figura 31. Variação anual do aporte de C, N, P, K, Ca e Mg da serapilheira anual total produzida nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ. Tempos agrupados: T1 = dez/09 a mar/10; T2 = abr a jul/10; T3 = ago a nov/10. *indica diferenças significativas entre PJ e PM.

4.4. Discussão

4.4.1. Efeito da serapilheira

Produção anual de serapilheira

O dossel dos plantios de *Corymbia citriodora* em regeneração de Mata Atlântica, na Reserva Biológica União, é composto pela copa das árvores desta espécie de eucalipto (Ibama, 2007). Desta maneira, era esperado que parte relevante da serapilheira anualmente produzida nestes ecossistemas florestais fosse referente a folhas de *Corymbia citriodora*. Isto foi comprovado por um estudo anterior (Tesch, 2005) e por dados do presente capítulo. Isto é explicado pelo fato de que a produção de serapilheira depende fundamentalmente da estrutura da comunidade arbórea (Clark *et al.*, 2001; Lawrence e Foster, 2002; Pinto e Marques, 2003; Martin *et al.*, 2004; Bautista-Cruz e Castillo, 2005; Boeger *et al.*, 2005), embora isto não tenha sido observado em diferentes fitofisionomias de florestas tropicais em Sarawak (Proctor *et al.*, 1983).

Devido ao porte adulto das árvores de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União, acredita-se que tais indivíduos apresentam a capacidade de explorar recursos no solo além da área de influência das parcelas de remoção da serapilheira. Neste sentido, ainda considerando a hipótese de que a estrutura das árvores desta espécie de eucalipto é semelhante dentro de cada plantio, na comparação entre os tratamentos de serapilheira, poderiam não ter sido notado efeito da remoção sobre a produção de serapilheira.

No entanto, o presente estudo demonstrou que houve diferenças entre os tratamentos, após 5 anos e meio de manipulação da serapilheira. De fato, decorrido este tempo, a produção de folhas de *Corymbia citriodora* nos dois plantios, bem como a produção de serapilheira total anual no PJ, foram menores na remoção do que na presença da serapilheira. Tal fato sugeriu que a diminuição do *status* nutricional do solo nos plantios de *Corymbia citriodora*, em função da remoção da serapilheira, conforme evidenciado no Capítulo 3 deste trabalho, influenciou a diminuição da produção de serapilheira.

A diminuição da produção de serapilheira, em função da remoção, não foi verificada em florestas tropicais na Costa Rica e no Panamá (Wood *et al.*, 2009; Sayer e Tanner, 2010). No entanto, em ambos os estudos, a adição de serapilheira promoveu o aumento da produção de folhas da serapilheira em 2 a 6 meses (Wood *et al.*, 2009) e de serapilheira total já no primeiro ano de manipulação da serapilheira

(Sayer e Tanner, 2010). Isto porque a serapilheira cumpriu o papel de “fertilizante”, pois a sua adição ocasionou a maior entrada de N e P no solo, o que gerou uma rápida resposta da produtividade de florestas tropicais (Wood *et al.*, 2009).

De fato, existe uma limitação da produtividade em florestas tropicais devido à baixa disponibilidade de nutrientes no solo, pois a sua fertilização com adubos minerais também ocasionou o aumento da produtividade, como verificado na Venezuela (Tanner *et al.*, 1992) e no Panamá (Wright *et al.*, 2011; Sayer *et al.*, 2012). Mas é provável que seja necessário um maior tempo de remoção da serapilheira para que este manejo ocasione uma diminuição na produtividade de florestas, como reflexo da menor entrada de nutrientes, quando comparado com a adição de serapilheira (Sayer, 2005).

Na Reserva Biológica União, verificou-se uma maior produção de folhas da serapilheira de outras espécies nativas, que se refletiu na maior produção do total de folhas da serapilheira de espécies nativas de Mata Atlântica, com a remoção da serapilheira no PM. Acredita-se que este resultado não apresentou relação com a manipulação da serapilheira, mas sim com a provável alocação das parcelas de remoção em áreas com um maior número de espécies nativas, o que condicionou à maior produção de folhas da serapilheira destas. Independentemente do tratamento de serapilheira, o valor médio da produção de serapilheira total anual no PM esteve entre os maiores valores de produção de serapilheira em diferentes ecossistemas florestais, ao passo que o oposto foi verificado para o PJ (Tabela 4).

A participação de folhas na serapilheira total produzida não foi alterada em função do tratamento de serapilheira, em ambos os plantios de *Corymbia citriodora*. No PM, a contribuição de folhas na serapilheira total produzida concordou com os achados para diferentes ecossistemas florestais, nos quais esta fração correspondeu a metade ou mais da metade da serapilheira total. Por outro lado, a fração madeira apresentou a maior participação percentual na serapilheira total no PJ (Tabela 4).

Tabela 4. Serapilheira total anual produzida e correspondente participação percentual de folhas, em diferentes ecossistemas florestais

Floresta / Plantio	Local	Serapilheira (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Participação de folhas (%)	Referência
<i>Corymbia citriodora</i> - PJCS	Reserva Biológica União, RJ	5,1	43	Presente estudo
<i>Corymbia citriodora</i> - PJSS		4,4	43	
<i>Corymbia citriodora</i> - PMCS		9,9	51	
<i>Corymbia citriodora</i> - PMSS		9,7	56	
<i>Corymbia citriodora</i> - PJ		4,8	64	Tesch (2005)
<i>Corymbia citriodora</i> - PM		10,6	50	
Mata Atlântica Ombrófila - borda		9,2	55	Nascimento (2005)
Mata Atlântica Ombrófila - interior		9,4	64	
<i>Casuarina equisetifolia</i>	Porto Rico	8,6	-	Parrotta (1999)
<i>Eucalyptus robusta</i>		5,4	-	
<i>Leucaena leucocephala</i>		9,7	-	
<i>Eucalyptus saligna</i> - 19 anos	Poços de Caldas, MG	7,1	-	Souza e Davide (2001)
<i>Eucalyptus pilularis</i> - 3 anos	Austrália	4,0	-	Turner e Lambert (2002)
<i>Eucalyptus pilularis</i> - 15 anos		7,8	-	
<i>Eucalyptus grandis</i> - 6 anos	Campos dos Goytacazes, RJ	4,8	65	Zaia e Gama-Rodrigues (2004)
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> - 6 anos		4,5	67	
<i>Eucalyptus pellita</i> - 6 anos		4,9	67	
<i>Mimosa scabrella</i> - 13 anos	Poços de Caldas, MG	3,5	-	Souza e Davide (2001)
<i>Mimosa bimucronata</i>	Reserva Biológica Poço das Antas, RJ	3,0	72	Barbosa e Faria (2006)
<i>Caesalpinia echinata</i>	Mogi-Guaçu, SP	5,7*	63*	Gomes <i>et al.</i> (2006)
Sistema Agroflorestal	Viçosa, MG	10,2	68	Arato <i>et al.</i> (2003)
Mata Atlântica de Encosta - 50 m altitude	Parque do Desengano, RJ	9,4	68	Mazurec (1998)
Mata Atlântica de Encosta - 250 m altitude		9,0	64	
Mata Atlântica de Encosta	Mangaratiba, RJ	7,9	66	Pereira <i>et al.</i> (2008)
Restinga	Paranaguá, PR	5,1	75	PIRES <i>et al.</i> (2006)
Floresta Estacional Decidual	Poços de Caldas, MG	4,5	-	Souza e Davide (2001)
Floresta Estacional Decidual	Santa Maria, RS	9,2	68	König <i>et al.</i> (2002)
Floresta Estacional Decidual	Itaara, RS	7,4	72	Vogel <i>et al.</i> (2007)
Floresta Estacional Semidecidual	Botucatu, SP	10,6	-	Vital <i>et al.</i> (2004)
Floresta Ombrófila Mista Montana	Sul do PR	7,7	57	Figueiredo Filho <i>et al.</i> (2003)
Floresta Amazônica - interior	Amazônia central brasileira	8,8	75*	Vasconcelos e Luizão (2004)
Floresta Amazônica - borda		9,5	74*	
Floresta transição Amazônia-Cerrado	Norte do MT	8,9	70	Silva <i>et al.</i> (2009a)
Floresta tropical úmida sobre solo aluvial	Malásia	11,5	-	Proctor <i>et al.</i> (1983)
Floresta tropical úmida dipterocárpica		8,8	-	
Floresta tropical úmida sobre solo arenoso, ácido e pobre (<i>heath forest</i>)		9,2	-	
Floresta tropical úmida sobre solo calcário (<i>limestone site</i>)		12,0	-	

*média de 3 anos consecutivos.

No presente trabalho, não houve diferença entre os tratamentos de serapilheira sobre a sazonalidade da produção de serapilheira total e de suas frações, uma vez que, de uma maneira geral, a maior produção ocorreu na estação chuvosa em ambos os plantios, independentemente do tratamento de serapilheira. Este mesmo resultado, ausência de diferença entre presença e remoção da serapilheira sobre a sazonalidade da produção, foi encontrado em florestas tropicais secundárias e maduras na Costa Rica, onde a maior queda de serapilheira ocorreu na estação chuvosa (Wood *et al.*, 2009), e em uma floresta tropical úmida no Panamá, onde a maior queda de serapilheira ocorreu na estação seca (Sayer e Tanner, 2010). Desta maneira, a sazonalidade da queda da serapilheira em florestas tropicais responde mais a fatores ambientais, tais como a precipitação pluviométrica, do que ao manejo da serapilheira.

Na Reserva Biológica União, a maior queda de serapilheira nos plantios de *Corymbia citriodora* estudados ocorreu durante a estação chuvosa. Este mesmo resultado foi relatado por um estudo anteriormente realizado no PJ e no PM (Tesch, 2005) e para a borda e o interior da mata nativa desta Reserva (Nascimento, 2005).

A Reserva Biológica União é caracterizada por um clima tropical úmido. Florestas que ocorrem neste tipo de clima, no qual não ocorre um período crítico de seca, conservam a sua aparência sempre-verde ao longo do ano, com queda e surgimento de novas folhas o ano inteiro (Morellato *et al.*, 2000). Contudo, neste tipo de clima, as florestas apresentam maiores taxas de queda de folhas da serapilheira durante períodos do ano com maiores valores de precipitação e temperatura, quando geralmente também ocorrem ventos com maior velocidade, que podem influenciar na queda de serapilheira (Saiter *et al.*, 2009). Este resultado foi constatado em diferentes fitofisionomias florestais em Sarawak (Proctor *et al.*, 1983); em diferentes florestas tropicais na Guiana Francesa, Panamá e Brasil (Weirdt *et al.*, 2012); bem como em áreas de Mata Atlântica em São Paulo (Moraes *et al.*, 1999; Vendrami *et al.*, 2012), Paraná (Pinto e Marques, 2003; Pires *et al.*, 2006; Scheer *et al.*, 2009) Espírito Santo (Calvi *et al.*, 2009). O mesmo ocorre para plantios florestais em regiões de clima úmido, onde a maior produção de serapilheira é normalmente observada no período de maior precipitação pluviométrica, conforme verificado em plantios de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus brookerana* A. M. Gray na Nova Zelândia (Guo e Sims, 1999); plantio misto de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* no sudeste da Bahia (Gama-Rodrigues e Barros, 2002); plantios de

Eucalyptus grandis no norte-fluminense do Rio de Janeiro (Cunha *et al.*, 2005); plantios de *Terminalia catappa* adjacentes a uma floresta tropical úmida na Nigéria (Ndakara, 2012).

Mas também é possível ocorrer o padrão oposto, em algumas florestas tropicais úmidas e em plantios de eucalipto. Durante a época do ano com menor precipitação, ocorreu a maior queda de serapilheira em plantio um plantio de *Eucalyptus grandis* e em uma mata secundária, em Seropédica, Rio de Janeiro (Corrêa Neto *et al.*, 2001); em fragmentos de Mata Atlântica não submetidos a uma estação seca severa, na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro (Barbosa e Faria, 2006); e em florestas tropicais no Panamá (Wieder e Wright, 1995; Sayer e Tanner, 2010). Deste modo, pode-se verificar uma correlação significativa negativa entre a precipitação e a produção de serapilheira total e da fração folhas, como observado em um fragmento de Mata Atlântica Ombrófila Densa na região metropolitana de Recife, Pernambuco (Espig *et al.*, 2009), em uma floresta de transição Amazônia-Cerrado (Sanchez *et al.*, 2009) e em uma floresta tropical úmida na Nigéria (Ndakara, 2012).

Nos plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União, foram encontrados galhos e folhas verdes em alguns coletores, em datas de coleta compreendidas no período de maior precipitação pluviométrica. Isto demonstrou o efeito mecânico de chuvas mais fortes, aliado à ocorrência de ventos mais intensos, durante o período de maior precipitação.

Em contrapartida, outros estudos encontraram maior produção de serapilheira total e da fração folhas no período seco. Este foi o caso de: Floresta Estacional Decidual no México (Maass *et al.*, 1995), Florestas Estacionais Semidecíduais na Tailândia (Bunyavejchewin, 1997), na Nigéria (Odiwe e Muoghalu, 2003) e na Estação Ecológica do Tripuí, em Ouro Preto, MG (Werneck *et al.*, 2001); um sistema agroflorestal instalado para recuperar áreas degradadas em Viçosa, MG (Arato *et al.*, 2003); plantios de *Eucalyptus globulus* em clima mediterrânico na Austrália (Corbeels *et al.*, 2005); uma mata de Cerrado na Universidade Federal de São Carlos, SP (Valenti *et al.*, 2008); uma floresta de transição Amazônia-Cerrado no MT (Silva *et al.*, 2009a). Este padrão é uma resposta de florestas ao *déficit* hídrico que ocorre em regiões submetidas a um período seco marcante (Leitão Filho, 1987). Isto porque, durante a menor oferta de água, a abscisão foliar se torna uma estratégia

para minimizar a necessidade deste recurso pela vegetação (Barbosa e Faria, 2006).

Em alguns ecossistemas florestais, a produção de folhas e de serapilheira total anual se apresentou mais ou menos contínua ou não-sazonal, uma vez que foram encontrados picos tanto durante a época mais seca quanto durante a mais chuvosa. Tal fato demonstrou que eventos climáticos severos, como baixa precipitação na época mais seca, chuvas torrenciais e fortes ventos durante a estação chuvosa, influenciaram de maneira semelhante a queda de serapilheira (Parrotta, 1999).

Concentração de carbono e nutrientes

A remoção da serapilheira acarretou na diminuição das concentrações de K e Mg nas diferentes frações de serapilheira anualmente produzida, em ambos os plantios de *Corymbia citriodora*, e de P no PM, na Reserva Biológica União. Este fato enfatizou a importância da presença da camada de serapilheira na superfície do solo, para a manutenção da concentração de nutrientes na serapilheira anualmente produzida.

Segundo a análise dos resultados nos tempos agrupados, a diminuição da concentração de nutrientes na serapilheira dos plantios de *Corymbia citriodora*, em virtude da remoção, ocorreu principalmente tempos 1 (T1) e 2 (T2), que se reportam ao início e meio da estação chuvosa, respectivamente. Isto sugeriu que a ocorrência de chuvas foi um fator que contribuiu para a influência positiva da manutenção da camada de serapilheira na superfície do solo, sobre a concentração de nutrientes na serapilheira.

As taxas de decomposição e mineralização da serapilheira em regiões de clima tropical aumentam substancialmente na transição entre a estação seca para a chuvosa (Sanches *et al.*, 2008). E, de uma maneira geral, isto se prolonga durante toda a estação chuvosa, seja em florestas nativas (Austin e Vitousek, 2000; Aidar e Joly, 2003; Silva *et al.*, 2009a; Wieder *et al.*, 2009) seja em plantios de espécies florestais exóticas, dentre as quais eucaliptos (Dutta e Agrawal, 2001; Costa *et al.*, 2005). Esta dinâmica varia mesmo entre diferentes florestas tropicais, uma vez que em florestas tropicais úmidas, as quais apresentam maior homogeneidade na distribuição das chuvas, a decomposição da matéria orgânica é duas vezes mais rápida do que em florestas tropicais estacionais, que passam por um período seco bem mais marcante (Castanho e Oliveira, 2008, Saiter *et al.*, 2009).

O aumento das taxas de decomposição da serapilheira durante a estação chuvosa contribui para um maior aporte de nutrientes para o solo das florestas durante este período, em comparação com a estação seca (Lodge *et al.*, 1994; Corbeels *et al.*, 2005). De maneira análoga, a liberação de nutrientes da serapilheira é favorecida pela irrigação, em comparação com a ausência deste manejo, conforme constatado por um estudo conduzido na Nova Zelândia, com folhas da serapilheira de *Eucalyptus botryoides* Sm., *Eucalyptus globulus* e *Eucalyptus ovata* Labill. (Guo e Sims, 2002).

Acredita-se que este seja o motivo pelo qual houve o aumento da concentração de nutrientes na serapilheira entre o final da estação seca e o início da estação chuvosa, com a consequente continuidade deste resultado no meio da estação chuvosa, na comparação entre a presença e a remoção de serapilheira, nos plantios de *Corymbia citriodora*. Isto porque a concentração de nutrientes na serapilheira reflete a disponibilidade dos mesmos no solo (Vitousek e Sanford, 1986). Entretanto, um estudo de manipulação da serapilheira em florestas tropicais na Costa Rica, duas secundárias e quatro maduras, não encontrou diferenças significativas no efeito dos tratamentos (presença/remoção/adição) sobre as concentrações de N e P em folhas da serapilheira, ao longo de 20 meses (Wood *et al.*, 2009).

Mas em uma floresta tropical no Panamá, 3 anos após iniciada a remoção da serapilheira a concentração de P e K na serapilheira diminuiu significativamente, em comparação com a presença da serapilheira, cujo efeito não se diferenciou na adição de serapilheira (Sayer e Tanner, 2010). Contudo, estes mesmos autores perceberam que, mesmo após 4 anos depois de iniciado o estudo, não houve efeito da remoção da serapilheira sobre a concentração de N, Ca e Mg na serapilheira produzida, em relação à presença de serapilheira.

Desta maneira, é necessário um maior tempo de remoção da serapilheira para que possa ser notado o seu efeito prejudicial sobre a ciclagem de nutrientes (Sayer, 2006). Isto foi observado no presente estudo, que avaliou o efeito da manipulação da serapilheira sobre a concentração de nutrientes na serapilheira produzida após mais de 5 anos de iniciada a manipulação. Mas a continuidade deste manejo por um período maior é capaz de evidenciar cada vez mais a importância do papel da serapilheira no funcionamento dos ecossistemas florestais, conforme o estoque de nutrientes no solo vai sendo depletado (Sayer e Tanner, 2010).

Aporte de carbono e nutrientes

De uma maneira geral, não foi observado um padrão claro de resposta do aporte de elementos em função da manipulação da serapilheira, no PJ. Contudo, o aporte de K em praticamente todas as frações de serapilheira neste plantio de *Corymbia citriodora* foi negativamente impactado com a remoção da serapilheira. Portanto, este tipo de manejo já diminuiu a entrada deste nutriente via serapilheira e, com a continuidade deste processo, é provável que tal resultado ocorra para os demais elementos, no PJ.

Já no PM, a remoção da serapilheira ocasionou a diminuição do aporte de todos os elementos investigados (C, N, P, K, Ca e Mg), em folhas da serapilheira de *Cupania oblongifolia*. Tal situação sugeriu que a remoção está diminuindo consideravelmente a importância da participação desta fração na entrada de nutrientes para o solo. Provavelmente, isto se deveu à limitação de nutrientes no solo no PM, com reflexos na diminuição da concentração de nutrientes em folhas desta espécie nativa de Mata Atlântica, conforme atestado pelo Capítulo 3 do presente trabalho. Este panorama sugeriu que a remoção da serapilheira tem ocasionado impactos negativos na dinâmica de nutrientes que afetam especialmente *Cupania oblongifolia*, de modo que a sua permanência na regeneração natural no PM pode ser comprometida.

De uma maneira geral, a diminuição do aporte de P, K, Ca e Mg como consequência da remoção da serapilheira, ocorreu principalmente no meio e final da estação seca, e início da estação chuvosa, respectivamente T5, T6 e T1, tanto no PJ quanto no PM. Este resultado foi um reflexo tanto da menor produção e concentração de tais nutrientes de serapilheira total e frações durante a estação seca.

O efeito negativo da remoção da serapilheira sobre o aporte de P e N pela serapilheira foliar não foi observado em florestas tropicais na Costa Rica, pois este tratamento não se diferenciou da presença de serapilheira (Wood *et al.*, 2009). Contudo, este mesmo estudo reportou que a adição de serapilheira foi responsável por um pulso significativamente maior destes nutrientes pelas folhas da serapilheira (aumento de 85% e 156%, respectivamente), já 4-5 meses após iniciada esta prática, em comparação com os outros dois tratamentos de serapilheira. De acordo com os autores do estudo anteriormente citado, este efeito da adição de serapilheira se deveu à adição equivalente da serapilheira total produzida em 1-2 anos, com o

reflexo da adição de 5-25 kg ha⁻¹ de P orgânico ao solo florestal. Porém, não foram verificadas diferenças entre os três tratamentos de serapilheira dois anos depois de iniciado o manejo. Acredita-se que, como a manipulação da serapilheira foi efetuada apenas uma vez, ocorreu uma diluição do efeito da adição da serapilheira com o tempo. Por outro lado, provavelmente a continuidade da remoção conduziria à diminuição significativa do aporte de nutrientes pela serapilheira foliar.

Comparando-se os efeitos da presença/remoção/adição de serapilheira em uma floresta tropical no Panamá, foi possível perceber que, 5 anos após iniciado o manejo mensal, o retorno de N pela serapilheira foi maior na adição, ao passo que o de K foi menor na remoção (Sayer e Tanner, 2010). Tal resultado foi uma surpresa, pois era esperado um efeito negativo da remoção da serapilheira sobre o aporte de P, que comumente é um dos nutrientes mais limitantes em florestas tropicais. Segundo os autores, isto foi um reflexo da moderada fertilidade do solo na área de estudo. No entanto, segundo uma extensa revisão, os efeitos negativos da remoção da serapilheira sobre o aporte de nutrientes em ecossistemas florestais geralmente são verificados com a continuidade deste manejo por pelo menos 10 anos (Sayer, 2006).

4.4.2. Efeito do estágio de regeneração natural

Produção anual de serapilheira

Com o avançar do estágio de regeneração natural nos plantios de *Corymbia citriodora* da Reserva Biológica União, aumentou a produção total de serapilheira. Este padrão é comumente verificado em diferentes ecossistemas florestais (Tabela 5). O principal motivo para este resultado é o desenvolvimento estrutural das florestas que ocorre durante o amadurecimento ecossistêmico, já que a produção de serapilheira é uma função da produtividade primária (Vitousek e Reiners, 1975; Ewel, 1976; Swift e Anderson, 1989; Brown e Lugo, 1990; Arunachalam *et al.*, 1998; Steininger, 2000; Lawrence e Foster, 2002; Pinto e Marques, 2003; Martin *et al.*, 2004; Bautista-Cruz e Castillo, 2005; Boeger *et al.*, 2005).

Tabela 5. Serapilheira total anual produzida e correspondente participação percentual de folhas, em ecossistemas florestais em diferentes estágios de regeneração natural

Floresta / Plantio	Local	Serapilheira (t ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Participação de folhas (%)	Referência
Plantio Jovem (PJ) de <i>Corymbia citriodora</i> - CS	Reserva Biológica União, RJ	5,1	43	Presente estudo
Plantio Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> - CS		9,9	51	
Plantio Jovem (PJ) de <i>Corymbia citriodora</i> - CS		4,8	64	Tesch (2005)
Plantio Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> - CS		10,6	50	
Mata Atlântica - regeneração menos avançada	Pinheiral, RJ	10,5	60*	Toledo <i>et al.</i> (2002)
Mata Atlântica - regeneração mais avançada		12,9	66*	
Mata Atlântica Ombrófila - regeneração menos avançada	Reserva Biológica Poço das Antas, RJ	5,5	67	Barbosa e Faria (2006)
Mata Atlântica Ombrófila - regeneração mais avançada		6,9	72	
Mata Atlântica aluvial - regeneração menos avançada	Guaraqueçaba, PR	3,0	80	Scheer <i>et al.</i> (2009)
Mata Atlântica aluvial - regeneração mais avançada		6,3	68	
Floresta Estacional Semidecidual - regeneração menos avançada	Ouro Preto, MG	5,1	79	Werneck <i>et al.</i> (2001)
Floresta Estacional Semidecidual - regeneração intermediária		6,6	72	
Floresta Estacional Semidecidual - regeneração mais avançada		6,8	78	
Floresta Estacional Semidecidual - regeneração menos avançada	Viçosa, MG	6,3	65	Pinto <i>et al.</i> (2008)
Floresta Estacional Semidecidual - regeneração mais avançada		8,8	56	
Cerrado - regeneração menos avançada	Campo Verde, MT	6,4	60	Fernandes e Scaramuzza (2007)
Cerrado - regeneração mais avançada		9,1	61	
Floresta Subtropical Úmida- regeneração menos avançada	Índia	11,9**	87**	Arunachalam <i>et al.</i> (1998)
Floresta Subtropical Úmida- regeneração intermediária		16,1**	81**	
Floresta Subtropical Úmida- regeneração mais avançada		17,5*	85*	
Floresta Subtropical - regeneração menos avançada	China	2,7***	73***	Li <i>et al.</i> (2005)
Floresta Subtropical - regeneração mais avançada		9,0***	53***	
Floresta Temperada - 10 anos	França	2,1**	68**	Lebret <i>et al.</i> (2001)
Floresta Temperada - 27 anos		3,9**	77**	
Floresta Temperada - 83 anos		3,9**	74**	
Floresta Temperada - 147 anos		4,7**	67**	

*média de 4 estações consecutivas; **média de 2 anos consecutivos; ***média de 10 anos consecutivos.

A diferença de idade entre os plantios de *Corymbia citriodora* estudados, que é de 23 anos, implica em uma estrutura das árvores desta espécie de eucalipto muito mais desenvolvida no PM do que no PJ. Além disto, como o estágio de regeneração natural no PM é mais avançado do que no PJ, naquele a participação de árvores nativas de Mata Atlântica na serapilheira produzida é muito mais contundente do que neste último (Evaristo *et al.*, 2011). Desta maneira, a diferença da produção de serapilheira anual total entre PJ e PM, que foi relatada por um estudo anterior como sendo de $4,8 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (Tesch, 2005), aumentou para $5,8 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, como mostrou o presente trabalho.

Contudo, o progressivo aumento da produção total de serapilheira, com o avançar da regeneração natural, não é ilimitado. Assim, a partir de determinada idade, as florestas secundárias podem atingir o mesmo patamar de produção de serapilheira do que as florestas mais maduras. Por exemplo, em florestas tropicais na Guatemala, a produção de serapilheira em uma floresta com 14 anos foi estatisticamente igual àquela encontrada em uma floresta madura (Ewel, 1976).

De fato, a produção total da serapilheira em ecossistemas florestais secundários costuma aumentar continuamente até os 12-15 anos de idade, com uma desaceleração desta produção depois dos primeiros 20 anos de idade do ecossistema (Brown e Lugo, 1990). Este fato ocorre porque as florestas mais antigas passam por uma desaceleração ou estabilização da produtividade primária em estágios sucessionais mais avançados, o que é verificado tanto em florestas tropicais (Werneck *et al.*, 2001; Negrete-Yankelevich *et al.*, 2006), quanto em florestas subtropicais (Zhou *et al.*, 2006) e temperadas (Sharma e Ambasht, 1990; Ranger *et al.*, 2003). Apesar desta desaceleração, a produção total de serapilheira em florestas tropicais pode ainda continuar aumentando em uma cronossequência até os 65 anos, sendo que aos 100 anos de idade esta produção pode cair e praticamente se igualar ao observado para uma floresta jovem com apenas 15 anos de idade (Negrete-Yankelevich *et al.*, 2006). É por isto que alguns estudos encontraram maior produção de serapilheira em florestas em estágio intermediário de desenvolvimento do que em florestas mais maduras.

Este foi o caso de trechos de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas na Floresta Estadual do Palmito, Paranaguá, Paraná, onde a maior produção da fração folhas na serapilheira ocorreu em um trecho de floresta intermediária com 31 anos, em comparação com um trecho de floresta inicial com 18 anos e outro de floresta

avançada com 56 anos (Pinto e Marques, 2003). Entretanto, pode não ser encontrado um padrão uniforme para todas as frações que compõem a serapilheira (Barbosa e Faria, 2006; Pinto *et al.*, 2008; Pinto *et al.*, 2009; Calvi *et al.*, 2009).

Na comparação entre a serapilheira total produzida em um fragmento de Mata Atlântica adjacente aos plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União (Nascimento, 2005) e aquela produzida nestes plantios, constatou-se que a produção na mata nativa foi estatisticamente semelhante àquela produzida no PM (Tesch, 2005). A produção de serapilheira total no PM se mostrou próxima daquela verificada em florestas tropicais em estágio avançado de regeneração, ao passo que o oposto foi verificado no caso do PJ (Tabela 5). Por outro lado, a produção de serapilheira total no PJ esteve próxima dos valores observados para plantios de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus pellita* F. Muell com apenas 6 anos de idade, em Campos dos Goytacazes, RJ (Zaia e Gama-Rodrigues, 2004). Segundo uma extensa revisão realizada por Chave *et al.* (2010), a produção de serapilheira total anual média em florestas tropicais em estágio avançado de regeneração na América do Sul é da ordem de $8,6 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$, valor este que foi considerado maior do que aquele observado em florestas secundárias em estágio de regeneração menos avançado: $8,0 \text{ t ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$.

Os dados do presente estudo, em relação à participação de folhas na serapilheira total produzida no PM, corroboraram os resultados de inúmeros trabalhos. De uma maneira geral, nos mais variados tipos de ecossistemas florestais, a fração foliar foi a mais representativa e, portanto, determinante da totalidade da serapilheira produzida. Porém, no PJ, este estudo observou que a maior participação percentual coube à fração madeira (Tabela 5). A participação percentual do total de folhas no PM praticamente não foi alterada, comparando-se os dados de 2004-2005 (Tesch, 2005) com os dados do presente trabalho. Contudo, nesta mesma comparação, houve uma alteração na participação total de folhas no PJ, a qual diminuiu em 21% (Tabela 5).

Ainda empregando esta comparação, foi possível notar que houve uma diminuição da participação de folhas de *Corymbia citriodora* no montante total de folhas da serapilheira, em ambos os plantios de *Corymbia citriodora*. Entretanto, isto foi discreto no PJ e bem mais notável no PM, uma vez que esta participação passou de 99% no PJ e 70% no PM (Tesch, 2005) para os atuais 95% e 23%, respectivamente, apurados pelo presente estudo.

O estágio mais adiantado de regeneração natural também foi responsável pela grande diferença entre os plantios de *Corymbia citriodora* quanto à participação de folhas de espécies nativas de Mata Atlântica na serapilheira anual total, que passou de 2% no PJ para 28% no PM. Com isto, a participação de folhas de espécies nativas na serapilheira anual total aumentou praticamente 30 vezes, do PJ para o PM. Este expressivo aumento da importância das espécies nativas na produção de serapilheira anual total, com o avançar da regeneração natural nos plantios de *Corymbia citriodora*, também pode ser verificado ao longo do tempo. Contudo, de maneira mais relevante no PM do que no PJ, já que, há cinco anos, a participação de folhas de espécies nativas de Mata Atlântica na serapilheira anual total foi de 1% no PJ e de 19% no PM (Tesch, 2005).

Como já relatado no item 4.4.1. do presente capítulo, a maior queda de serapilheira total e de suas frações no PJ e no PM ocorreu na estação chuvosa. Este resultado concordou com outro trabalho realizado anteriormente no PJ e no PM (Tesch, 2005), na mata nativa da Reserva Biológica União (Nascimento, 2005), em fragmentos de Mata Atlântica localizados em São Paulo (Moraes *et al.*, 1999; Vendrami *et al.*, 2012), Paraná (Pinto e Marques, 2003; Pires *et al.*, 2006; Scheer *et al.*, 2009) e Espírito Santo (Calvi *et al.*, 2009). Este padrão é comumente observado em florestas tropicais úmidas em diferentes países (Proctor *et al.*, 1983; Saiter *et al.*, 2009; Weirtdt *et al.*, 2012).

Concentração de carbono e nutrientes

No presente estudo, a serapilheira anual total produzida no PM apresentou maior qualidade química do que aquela produzida no PJ. Isto foi um reflexo de dos seguintes fatores: maior participação das folhas da serapilheira de espécies nativas de Mata Atlântica em regeneração natural no sub-bosque dos plantios de *Corymbia citriodora* e, conseqüentemente, menor participação das folhas da serapilheira desta espécie de eucalipto, na serapilheira anual total produzida no PM do que no PJ; e maior qualidade química de folhas da serapilheira das espécies nativas, quando comparado com as folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora*.

No PM, foram maiores a densidade de indivíduos arbóreos nativos com DAP ≥ 5 cm (1010 indivíduos ha^{-1}), a riqueza de espécies (17 espécies) e a variedade de grupos ecológicos (5 pioneiras, 6 secundárias iniciais, 4 secundárias tardias e 2 sem classificação definida) do que no PJ (10 indivíduos ha^{-1} ; 1 espécie; 1 secundária inicial, respectivamente) (Evaristo *et al.*, 2011). Portanto, esta maior

heterogeneidade da cobertura vegetal proporciona a produção de uma serapilheira também mais heterogênea no PM, em relação ao PJ.

O presente estudo atestou que as folhas da serapilheira das espécies nativas de Mata Atlântica apresentaram maiores concentrações de N, P e Mg e menor razão C/N, do que as folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora*, tanto no PJ quanto no PM. E, neste último plantio, a concentração de Ca também foi maior em folhas da serapilheira das espécies nativas, quando comparado com as folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora*.

Existe uma variação entre as espécies florestais com relação à qualidade química da serapilheira foliar por elas produzida e, desta maneira, a composição de espécies de uma floresta ou plantio florestal geralmente influencia fortemente a ciclagem de nutrientes (Prescott, 2002). De uma maneira geral, as “propriedades coletivas” de ecossistemas florestais com maior riqueza de espécies podem ser traduzidas por um funcionamento mais eficiente e um sistema mais equilibrado, do que aqueles caracterizados por uma menor riqueza de espécies (Khanna, 1998; Gama-Rodrigues *et al.*, 2007).

Um estudo conduzido em Porto Rico mostrou que as concentrações de N, P, K, Ca e Mg em folhas da serapilheira em plantios de *Casuarina/Eucalyptus* e *Eucalyptus/Leucaena* foram significativamente maiores do que na mesma fração, produzida no plantio monoespecífico do eucalipto. Isto pode ter sido consequência do incremento significativo do conteúdo de matéria orgânica que, por sua vez, ocasionou maior aporte de nutrientes, o qual se traduziu em concentrações de N total, K, Mg e Fe no solo em ambos os plantios mistos, em comparação com o plantio monoespecífico de eucalipto (Parrotta, 1999).

Nos EUA, híbridos da espécie arbórea *Populus* sp. se beneficiaram quando foram plantados próximos a indivíduos da espécie arbórea *Alnus glutinosa* (Hansen e Dawson, 1982). Isto ocorreu porque, depois de dois de implantado o plantio misto, houve o aumento da concentração de N no solo, de tal forma que na presença de *Alnus glutinosa* os híbridos de *Populus* sp. acumularam maiores quantidades de N em sua biomassa e apresentaram crescimento comparável ao obtido com adequada adubação do solo com N, na comparação com o plantio monoespecífico do referido híbrido. Na China, a serapilheira foliar do plantio misto de *Cunninghamia lanceolata* (Lambert.) Hooker e *Michelia macclurei* Dandy apresentou maiores concentrações

de N, P e K do que a serapilheira foliar do plantio monoespecífico da primeira espécie (Wang *et al.*, 2008).

A presença de uma segunda espécie pode até mesmo contribuir para o aumento da qualidade química da serapilheira foliar da outra espécie florestal. Isto foi visto no Irã, onde a concentração de N e Ca em folhas da serapilheira de *Quercus castaneifolia* C. A. Mey. em um plantio misto com *Carpinus betulus* L. foi aumentada quando comparado com a mesma fração da serapilheira produzida em um plantio monoespecífico de *Quercus castaneifolia* C. A. Meyer (Hosseini *et al.*, 2011).

A serapilheira produzida em florestas em estágio de regeneração mais avançado apresenta uma qualidade química superior, ou seja, maior concentração nutricional e menor razão C/N, quando comparado com a serapilheira de florestas mais jovens. Isto foi verificado em florestas tropicais na Guatemala (Ewel, 1976), na Amazônia brasileira (Vasconcelos e Laurance, 2005), em trechos de Mata Atlântica no Rio de Janeiro (Toledo *et al.*, 2002; Barbosa e Faria, 2006), Espírito Santo (Calvi *et al.*, 2009), Paraná (Pinto e Marques, 2003) e em Minas Gerais (Pinto *et al.*, 2009), além de florestas subtropicais úmidas na Índia (Arunachalam *et al.*, 1998).

Este aumento da qualidade química da serapilheira com o avançar da regeneração é um reflexo da alteração das características das folhas verdes, durante este processo. As folhas das espécies arbóreas presentes em estágios de regeneração mais avançados, em relação às folhas verdes das espécies típicas do início da regeneração, apresentam menor esclerofilia (Boeger e Wisniewski, 2003; Pinto e Marques, 2003; Barlow *et al.*, 2007; Dickow *et al.*, 2009) e maior concentração de nutrientes (Boeger *et al.*, 2005).

Além disto, o incremento do estoque de matéria orgânica que ocorre no solo, ao longo do desenvolvimento do processo de regeneração (Negrete-Yankelevich *et al.*, 2007) contribui tanto para o aumento do estoque de nutrientes no solo quanto para a formação de um microclima que favorece a liberação dos nutrientes da serapilheira para o solo (Pinto e Marques, 2003; Pinto *et al.*, 2009). Desta maneira, aumenta a disponibilidade de nutrientes no solo para as plantas (Johnson *et al.*, 2001; Jia *et al.*, 2005; Abreu *et al.*, 2009; Lima, 2009). Tal fato, conseqüentemente, contribui para o aumento da concentração de nutrientes na serapilheira ao longo do gradiente de regeneração (Boeger *et al.*, 2005).

Contudo, a serapilheira de florestas tropicais em estágios mais avançados de regeneração pode apresentar uma menor concentração de Ca, K e, especialmente P, do que aquelas em estágios de regeneração menos avançados (Brown e LUGO, 1990; Borém e Ramos, 2002). Conforme avançou a regeneração natural em áreas agrícolas abandonadas (3 a 70 anos) antes ocupadas por Floresta Amazônica no Pará, a dinâmica de conservação de N e P na biomassa aumentou consideravelmente, de modo que se tornou comparável ao observado nas florestas tropicais maduras deste bioma (Davidson *et al.*, 2007). Isto porque, com o decorrer da regeneração, as espécies pioneiras, que são características das comunidades em estágios iniciais, vão sendo substituídas por espécies mais competitivas por recursos, as quais regulam de maneira mais eficiente as entradas e saídas de nutrientes, do que as pioneiras (Odum, 1969). Portanto, conforme os ecossistemas vão amadurecendo, a ciclagem interna de nutrientes nas plantas se torna mais intensa, o que concorre para a formação de reservatórios de nutrientes cada vez maiores na biomassa viva (Vitousek e Reiners, 1975; Delitti, 1995).

O lançamento de resíduos do corte de árvores sobre o solo em florestas tropicais no Rio de Janeiro (Villela *et al.*, 2006), no México (Negrete-Yankelevich *et al.*, 2007), assim como em plantios de *Eucalyptus grandis* em São Paulo (Bellote *et al.*, 2008), incrementou o *status* nutricional do solo. Este mesmo efeito foi observado em função da presença de cinzas devido à queima da vegetação original, para a posterior implantação de atividades agrícolas (Oliveira, 2008). Desta maneira, a maior concentração de determinados nutrientes na serapilheira em florestas iniciais do que naquelas mais maduras pode ser uma consequência do efeito residual do manejo que foi aplicado ao solo, antes do início do processo de regeneração natural. Este foi o provável motivo pelo qual a serapilheira no PJ apresentou maior concentração de P e Ca do que no PM. Ambos os plantios de *Corymbia citriodora* receberam adição de calcário e de adubo NPK em sua implantação (Villela *et al.*, 2001; Evaristo *et al.*, 2011). Mas devido à diferença de idade entre estes plantios, o efeito residual destas práticas provavelmente ainda se fez notar no PJ. Tal fato foi corroborado pelos resultados de solo apresentados e discutidos nesta tese.

Aporte de carbono e nutrientes

O maior aporte de todos os elementos minerais no PM do que no PJ, com exceção do Ca, ocorreu, principalmente, em virtude da maior produção de serapilheira anual total no primeiro plantio (aproximadamente o dobro) do que no

segundo plantio. Esta estreita relação entre maior aporte de nutrientes para o solo ocasionado pela maior produção de serapilheira total em ecossistemas florestais mais maduros, do que naqueles mais jovens, também foi observada em: florestas temperadas nos EUA (Vitousek e Reiners, 1975); florestas tropicais secundárias na Guatemala (Ewel, 1976); florestas subtropicais úmidas na Índia (Arunachalam *et al.*, 1998); florestas tropicais secundárias na Amazônia brasileira e boliviana (Steininger, 2000); florestas tropicais estacionais no México (Lawrence e Foster, 2002); florestas ripárias na República Dominicana (Martin *et al.*, 2004); Mata Atlântica em Paranaguá, Paraná (Pinto e Marques, 2003), na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro (Barbosa e Faria, 2006) e na Reserva Florestal Mata do Paraíso, Minas Gerais (Pinto *et al.*, 2009).

No caso específico do maior aporte de N, P e Mg na serapilheira anual total no PM do que no PJ, houve influência direta da importante participação de folhas da serapilheira de espécies nativas de Mata Atlântica na serapilheira anual total neste plantio (28%), cuja fração apresentou maiores concentrações destes nutrientes (N = 1,59%; P = 0,73 mg g⁻¹; Mg = 7,80 mg g⁻¹), em comparação com as folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora* (23% da serapilheira anual total; N = 0,88%; P = 0,65 mg g⁻¹; Mg = 3,17 mg g⁻¹). Em contrapartida, embora a fração folhas da serapilheira de espécies nativas no PJ também tenha apresentado maiores concentrações de N (1,06%), P (1,77 mg g⁻¹) e Mg (4,87 mg g⁻¹) do que as folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora* (N = 0,63%; P = 0,97 mg g⁻¹; Mg = 3,67 mg g⁻¹), isto não se refletiu em maior aporte de tais nutrientes devido à pequena participação de folhas da serapilheira de espécies nativas na serapilheira anual total (2%), em relação às folhas da serapilheira desta espécie de eucalipto (41%).

Dentro de cada plantio de *Corymbia citriodora*, o maior aporte de nutrientes também ocorreu em função das frações com maior participação na serapilheira anual total. Assim, no PJ, o maior aporte de todos os nutrientes ocorreu via folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora*, que foi a fração de maior produção, embora as maiores concentrações de N, P, K e Mg tenham sido verificadas em folhas da serapilheira de espécies nativas de Mata Atlântica e/ou no resto. Resultado semelhante foi observado no PM, onde o maior aporte de K, Ca e Mg foi proporcionado por folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora* e/ou madeira, em virtude de sua elevada produção, apesar das maiores concentrações destes nutrientes terem sido constatadas, de uma maneira geral, em folhas da serapilheira

de espécies nativas de Mata Atlântica, neste plantio. Em contrapartida, o aporte de P no PM divergiu do padrão acima discutido. A maior concentração e também o maior aporte de P ocorreram na fração resto, que incluiu as flores e frutos, apesar de tal fração ter apresentado a menor participação na produção de serapilheira total neste plantio de *Corymbia citriodora*.

Portanto, nem sempre o maior aporte de nutrientes está conjugado à maior produção de serapilheira. Esta situação também foi encontrada em um trabalho que estudou a produção de serapilheira e o retorno de nutrientes por esta via, em plantios monoespecíficos com dez espécies florestais diferentes, em Porto Rico (Cuevas e Lugo, 1998). Por exemplo, estes autores documentaram que *Pinus caribaea* figurou entre as três espécies que mais produziram serapilheira total, mas foi uma das que aportou as menores quantidades de N, Ca e Mg para o solo, devido às baixas concentrações destes nutrientes. Em contrapartida, *Hernandia sonora* L., que produziu menos serapilheira total anual do que *Pinus caribaea*, aportou maiores quantidades de N, P, K e Mg do que esta última espécie, em função das maiores concentrações dos mesmos.

De uma maneira geral, florestas ou plantios florestais com maior número de espécies, sejam elas nativas ou não, tendem a apresentar maior potencial total de retorno de nutrientes pela serapilheira para o solo, do que plantios monoespecíficos (Binkley *et al.*, 1992; Parrotta, 1999; Forrester *et al.*, 2005; Yang *et al.*, 2005; Wang *et al.*, 2008; Wang *et al.*, 2010). Isto porque o aporte de nutrientes via serapilheira em ecossistemas florestais varia conforme a composição de espécies, já que a natureza química da serapilheira, que considera a concentração de nutrientes e a razão C/N, varia entre as espécies florestais (Prescott, 2002; Jaramillo-Botero *et al.*, 2008; Tripathi *et al.*, 2009; Wu *et al.*, 2009; Villela e Proctor, 1999; Villela e Proctor, 2002). Em florestas mais heterogêneas ocorre a combinação de espécies com interações complementares da ciclagem de nutrientes, o que é mais adequado para enriquecer o *status* nutricional dos solos (Gama-Rodrigues *et al.*, 2008a).

Diversos estudos comparando plantios puros (monoespecíficos) com plantios mistos demonstraram que o aumento da variedade de espécies foi positivo para o incremento do aporte de nutrientes pela serapilheira (Parrotta, 1999; Forrester *et al.*, 2005; Gama-Rodrigues *et al.*, 2008a; Wang *et al.*, 2008; Wang *et al.*, 2010). O aporte de N, P, K e Mg pela serapilheira foi maior em um plantio misto de *Eucalyptus/Albizia* do que em um plantio monoespecífico do eucalipto, no Havaí (Binkley *et al.*, 1992).

Resultados semelhantes foram obtidos em Porto Rico, onde o aporte de N, P, K, Ca e Mg foi significativamente maior na serapilheira foliar plantios mistos de *Casuarina/Eucalyptus* e *Eucalyptus/Leucaena*, do que naquela produzida em um plantio monoespecífico do eucalipto (Parrotta, 1999). E em plantios de *Eucalyptus globulus* com *Acacia mearnsii*, uma espécie leguminosa fixadoras de N, o aporte de N via serapilheira foi três vezes maior do que em plantios monoespecíficos do referido eucalipto, na Austrália (Forrester *et al.*, 2005).

No sudeste da Bahia, as taxas de decomposição de folhas da serapilheira de *Peltogyne angustiflora* Ducke e *Macrolobium latifolium* Vog. em um plantio misto composto por 63 espécies florestais, entre nativas e exóticas, foram significativamente maiores do que nos plantios puros das referidas espécies arbóreas nativas (Gama-Rodrigues *et al.*, 2003). Neste mesmo plantio misto, foi maior o estoque de C total, N, P, K, Ca e Mg no sistema solo + parte aérea + serapilheira, do que plantios monoespecíficos de seis espécies florestais nativas: *Peltogyne angustiflora*, *Centrolobium robustum* (Vell.) Mart., *Arapatiella psilophylla* (Harms.) Cowan, *Sclerolobium chrysophyllum* Loep e Endl, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. e *Macrolobium latifolium* (Gama-Rodrigues *et al.*, 2008a). Portanto, ficou evidenciado que a ciclagem de nutrientes foi mais intensa na comunidade de plantas com maior diversidade, o plantio misto, devido à complementação entre espécies que apresentam ampla gama de maneiras de utilização dos recursos, quando comparado com uma comunidade de plantas mais homogênea - os plantios monoespecíficos (Hooper e Vitousek, 1998). O mesmo pode ser relatado a respeito do aporte de N, P e K pela serapilheira foliar em um plantio misto de *Cunninghamia lanceolata* com *Michelia macclurei* na China, que foi significativamente maior do que o plantio monoespecífico da primeira espécie, devido tanto à maior produção quanto à maior concentração destes nutrientes no primeiro material (Wang *et al.*, 2008).

Quando comparado com a serapilheira produzida em florestas tropicais nativas, o aporte de N e P pela serapilheira de eucaliptos é, de uma maneira geral, pequeno (Tabela 6). Isto é decorrente da baixa “qualidade química” da serapilheira dos eucaliptos (Gama-Rodrigues e Barros, 2002; Garay *et al.*, 2003; Villela *et al.*, 2004; Gama-Rodrigues *et al.*, 2008b; Parsons e Congdon, 2008; Diniz *et al.*, 2011). Por outro lado, a serapilheira de eucaliptos tem papel relevante na dinâmica nutricional de K, Ca e Mg, devido ao importante aporte destes nutrientes para o solo (Tabela 6).

Tabela 6. Aporte de nutrientes (kg ha⁻¹ ano⁻¹) da serapilheira total anual produzida em ecossistemas florestais tropicais

Floresta / Plantio	Local	N	P	K	Ca	Mg	Referência
Plantio Jovem (PJ) de <i>Corymbia citriodora</i> - CS	Reserva Biológica União, RJ	63,1	0,6	2,5	9,6	2,5	Presente estudo
Plantio Maduro (PM) de <i>Corymbia citriodora</i> - CS		197,9	0,9	5,9	10,9	6,5	
Mata Atlântica <i>strictu sensu</i> de baixada - borda		154,0	*	73,0	71,6	38,3	Nascimento (2005)
Mata Atlântica <i>strictu sensu</i> de baixada - interior		161,0	*	68,5	59,8	26,7	
Plantio de <i>Eucalyptus brookerana</i>	Nova Zelândia	112,8	6,4	*	*	*	Guo e Sims (1999)
Plantio de <i>Eucalyptus saligna</i>		57,5	3,7	*	*	*	
Plantio de <i>Eucalyptus saligna</i>	Poços de Caldas, MG	202,4	4,4	46,2	440,2	54,0	Souza e Davide (2001)
Plantio de <i>Mimosa scabrella</i>		217,6	11,1	11,4	194,1	25,3	
Floresta Subtropical Subcaducifólia		245,2	10,3	39,5	292,8	57,5	
Plantio de <i>Eucalyptus grandis</i> - sem desbaste	Bofete, SP	73,4	2,9	18,0	78,9	22,2	Kolm e Poggiani (2003)
Plantio de <i>Eucalyptus grandis</i> - 67% de desbaste		78,1	3,2	23,8	82,5	25,9	
Plantio de <i>Eucalyptus grandis</i> - 83% de desbaste		76,2	3,2	27,4	77,6	27,5	
Plantio de <i>Eucalyptus grandis</i>	Campos dos Goytacazes, RJ	32,2	1,3	14,4	41,6	8,3	Zaia e Gama-Rodrigues (2004)
Plantio de <i>Eucalyptus camaldulensis</i>		24,0	0,9	10,4	31,8	7,0	
Plantio de <i>Eucalyptus pellita</i>		26,2	0,9	11,0	36,9	8,2	
Plantio de <i>Eucalyptus grandis</i> - 1ª rotação	São Francisco do Itabapoana, RJ	56,4	1,5	23,0	49,8	14,6	Cunha <i>et al.</i> (2005)
Plantio de <i>Eucalyptus grandis</i> - rebrota de 1,5 ano		35,3	1,0	33,3	11,2	7,9	
Plantio de <i>Eucalyptus grandis</i> - rebrota de 5 anos		42,9	1,4	44,2	18,8	12,6	
Mata Atlântica de Encosta - 50 m de altitude	Parque Estadual do Desengano, RJ	125,0	*	68,6	82,5	31,2	Mazurec (1998)
Mata Atlântica de Encosta - 250 m de altitude		109,0	*	41,6	62,6	25,7	
Mata Atlântica - regeneração menos avançada	Pinheiral, RJ	166,0	6,0	67,4	89,9	29,1	Toledo <i>et al.</i> (2002)
Mata Atlântica - regeneração mais avançada		219,0	5,0	51,0	107,7	37,6	
Floresta Semidecidual - preservada	Mata do Carvão, RJ	189,0	*	79,2	171,0	38,5	Villela <i>et al.</i> (2006)
Floresta Semidecidual - com corte seletivo		154,0	*	67,8	139,0	30,4	
Floresta Ombrófila Densa - secundária	Santa Maria de Jetibá, ES	38,2	2,4	7,4	*	*	Calvi <i>et al.</i> (2009)
Floresta Ombrófila Densa - secundária antiga		40,2	2,4	10,8	*	*	
Floresta Secundária de Encosta	Flona de São Francisco de Paula, RS	108,2	5,3	32,8	81,1	19,9	Longhi <i>et al.</i> (2011)
Floresta Ombrófila Mista Típica		148,2	6,4	46,6	123,3	22,2	
Floresta de Locais Úmidos		107,7	6,2	34,4	112,5	14,5	

*valores não determinados.

O aporte de todos os nutrientes nos plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União foi menor do que o observado em diferentes ecossistemas florestais tropicais. A exceção ocorreu para o N, cujo aporte tanto no PJ quanto no PM foi maior do que em plantios de diferentes espécies de eucalipto no norte-fluminense (Campos dos Goytacazes e São Francisco do Itabapoana) e em fragmentos de Floresta Ombrófila Densa em diferentes estágios de regeneração natural, no Espírito Santo (Tabela 6).

A participação de folhas da serapilheira desta espécie de eucalipto foi relevante para o aporte total de todos os nutrientes, em ambos os plantios de *Corymbia citriodora*. Contudo, isto ocorreu de maneira bem mais importante no PJ (42% do aporte total de N; 59% de P; 54% de K; 58% de Ca; 50% de Mg), onde a contribuição desta fração de serapilheira no aporte dos nutrientes foi o dobro ou mais do que o dobro do observado no PM (20% do aporte total de N; 21% de P; 28% de K; 22% de Ca; 14% de Mg). Em contrapartida, a contribuição das folhas da serapilheira de espécies nativas de Mata Atlântica no aporte de todos os elementos foi pequena no PJ (5% do aporte total de N; 7% de P; 5% de K; 4% de Ca; 5% de Mg), em comparação com o PM (43% do aporte total de N; 34% de P; 32% de K; 43% de Ca; 52% de Mg). Isto porque a importância relativa tanto de folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora*, quanto de folhas da serapilheira de espécies nativas de Mata Atlântica, também variou conforme a sua participação na serapilheira anual total produzida, nos plantios de *Corymbia citriodora*.

4.5. Conclusões

Pelos resultados apresentados no presente Capítulo, corroborou-se a hipótese de que a presença da camada de serapilheira na superfície do solo acarreta a manutenção da produção de serapilheira no PJ; da concentração de K e Mg na serapilheira produzida em ambos os plantios, e de P, no PM; e do aporte de K via serapilheira no PJ e de todos os nutrientes analisados em folhas da serapilheira de *Cupania oblongifolia*, no PM. Contudo, tal hipótese não foi corroborada para a produção de serapilheira no PM; as concentrações de N total e Ca na serapilheira produzida nos plantios de *Corymbia citriodora*; e o aporte via serapilheira dos demais nutrientes analisados no PJ e nas outras frações de serapilheira, devido a não terem sido notadas diferenças entre os tratamentos de serapilheira ou porque não foi detectado um padrão definido de resposta aos mesmos.

Foi corroborada a hipótese de que com o avançar do desenvolvimento da regeneração natural, ocorre o incremento da produção de serapilheira e o aporte de nutrientes nos plantios de *Corymbia citriodora* estudados na Reserva Biológica União. Por outro lado, em se tratando do aumento das concentrações de nutrientes na serapilheira com o avançar do desenvolvimento da regeneração natural, tal hipótese foi corroborada apenas para as concentrações de N e Mg, uma vez que as concentrações de P e Ca diminuíram com o desenvolvimento da regeneração natural, e não houve diferença entre os estágios de regeneração natural nos plantios de *Corymbia citriodora* quanto às concentrações de K na serapilheira.

CAPÍTULO 5. Alterações na comunidade de artrópodes do solo em plantios do eucalipto *Corymbia citriodora* em função da presença/ausência da camada de serapilheira

5.1. Introdução

A biota do solo é composta por uma ampla variedade de organismos com diferentes tamanhos e metabolismos (Swift *et al.*, 1979). Entre estes se encontram os artrópodes do solo, que habitam de maneira permanente ou temporária o sistema serapilheira-solo (Aquino, 2005). Os microrganismos do solo possuem o aparato enzimático necessário para realizar a decomposição da matéria orgânica no solo (Seastedt e Crossley Jr, 1984; Swift e Anderson, 1989). Entretanto, este processo é influenciado pelos artrópodes do solo tanto de maneira direta, com a modificação da estrutura física do solo e da serapilheira, quanto de maneira indireta, por meio da utilização dos microrganismos do solo como recurso alimentar, com a consequente regulação das populações destes (González *et al.*, 2001). Os artrópodes do solo também podem favorecer a atividade da microbiota edáfica decompositora, em função de sua dispersão e redistribuição (Brussaard *et al.*, 1997), contornando a limitada mobilidade microbiana (Correia e Oliveira, 2000; Correia e Andrade, 2008).

A fragmentação da serapilheira pelos artrópodes do solo promove o aumento da superfície específica deste substrato, o que potencializa a atividade dos microrganismos decompositores (Seastedt, 1984; Höfer *et al.*, 2001). De fato, a ausência dos fragmentadores da serapilheira pode diminuir consideravelmente o processo de decomposição (González e Seastedt, 2001). Com a predação da microbiota do solo, dependendo da intensidade com que este processo ocorre, a fauna do solo pode intensificar a mineralização da matéria orgânica ou retardar a liberação de nutrientes para o solo, os quais ficam temporariamente imobilizados na biomassa microbiana (Correia e Oliveira, 2000). Assim, os artrópodes do solo são classificados em grupos funcionais ou guildas, com base na posição na cadeia trófica do solo e nas estratégias de vida: saprófagos, também denominados detritívoros ou decompositores; predadores; fitófagos; micrófagos; e engenheiros de ecossistema (Barnes, 1984; Costa *et al.*, 1988; Van Achterberg, 1991; Assad, 1997; Lavelle *et al.*, 1997).

Os saprófagos, que se alimentam de restos orgânicos em decomposição, incluem os grupos Archaeognatha, Blattodea, Diplopoda, Diplura, Isopoda, larvas de Diptera, Psocoptera, Symphyla e Thysanura. Os predadores, que atuam no topo da

cadeia alimentar edáfica pelo fato de se alimentarem de outros animais ativos, abrangem Araneae, Chilopoda, Neuroptera, Pseudoscorpionida e Opilionida. Os fitófagos, como Auchenorrhyncha, Heteroptera, larvas de Lepidoptera, Sternorrhyncha, Orthoptera e Thysanoptera, se alimentam da seiva das plantas, de folhas ou de raízes.

Os animais que se alimentam de bactérias e, principalmente, fungos são denominados micrófagos. Aqui se incluem Entomobryomorpha, Poduromorpha e Symphypleona, que são ordens da classe Collembola. Há ainda os grupos que envolvem espécies com diferentes estratégias alimentares, como Acari, Coleoptera, Diptera, Formicidae, Hymenoptera, Isoptera, larvas de Coleoptera e larvas de Trichoptera. Contudo, Formicidae e Isoptera, que são grupos de insetos sociais, têm importância diferenciada, pois são capazes de modificar a estrutura física do solo, devido à construção de galerias, redistribuição de partículas e incorporação de matéria orgânica e de nutrientes ao solo. Por este motivo, são conhecidos como engenheiros do ecossistema.

Portanto, os artrópodes do solo desempenham papel fundamental na ciclagem de nutrientes (González *et al.*, 2001) e na produtividade dos ecossistemas terrestres (Bird *et al.*, 2004). Este papel desempenhado por tais organismos pode ser analisado por meio da avaliação das taxas de decomposição e mineralização da matéria orgânica no solo, com o emprego de *litterbags* ou sacos de decomposição de *nylon*. Para tanto, a serapilheira é encerrada dentro destes, os quais apresentam malhas com diferentes tamanhos, para permitir a inclusão / exclusão de todos os artrópodes ou de alguns de seus grupos, com base no seu tamanho.

Diversos estudos constataram que, com a exclusão de toda a comunidade de artrópodes do solo em *litterbags* com tamanho de malha que permitiu apenas a atividade da microbiota do solo, as taxas de decomposição e mineralização da matéria orgânica foram mais lentas, quando comparado com as taxas observadas para *litterbags* com tamanho de malha que permitiu a participação dos artrópodes do solo, em florestas temperadas nos EUA (Heneghan *et al.*, 1998; Mayer, 2008) e na China (Wang *et al.*, 2009), em florestas subtropicais na China (Wang *et al.*, 2009) e na Tailândia (Hou *et al.*, 2005), e em florestas tropicais na Costa Rica e Porto Rico (Heneghan *et al.*, 1998) e na Amazônia brasileira, em Manaus (Vasconcelos e Laurance, 2005).

A inclusão / exclusão dos artrópodes do solo nos *litterbags* se baseia no fato de que a comunidade da fauna edáfica varia muito em tamanho e diâmetro corporal, o que está diretamente relacionado com sua estratégia de nutrição (Aquino, 2005). A microfauna, que compreende animais que apresentam diâmetro corporal entre 4 μm (0,004 mm) e 100 μm (0,010 mm) e são aquáticos, ou seja, vivem associados à umidade do solo, é representada por protozoários, nematódeos e outros, os quais e se alimentam de microrganismos. O grupo da mesofauna abrange organismos terrestres com diâmetro corporal compreendido entre 100 μm (0,010 mm) e 2 mm, os quais são muito dependentes da umidade do solo e se alimentam dos microrganismos do solo e/ou da microfauna. Como exemplos podem ser citados os ácaros, colêmbolos, dipluros, enquitreídeos e proturos, entre outros. Por sua vez, a macrofauna do solo, que apresenta diâmetro corporal varia entre 2 mm e 20 mm, é representada por todas as ordens encontradas na mesofauna, com exceção dos ácaros, colêmbolos, proturos e dipluros. Este grupo alimenta-se dos microrganismos do solo, da microfauna e/ou de matéria orgânica em decomposição (Swift *et al.*, 1979).

A fragmentação florestal é responsável por alterações na estrutura e composição da comunidade da fauna do solo (Badejo e Ola-Adams, 2000; Duarte, 2004; Frainer e Duarte, 2009). Estudos verificaram que este efeito também ocorre quando as florestas nativas são substituídas por plantios florestais (Bonham *et al.*, 2002; Ponge *et al.*, 2003; Suguituru *et al.*, 2011) ou passam por algum outro tipo de intervenção humana (Addison *et al.*, 2003; Moço *et al.*, 2005). Como resultado, se forma um mosaico de manchas de vegetação em diferentes estágios de regeneração natural de florestas, sendo que cada um deles pode espelhar uma comunidade de artrópodes do solo característica (Schmidt *et al.*, 2008; Menezes *et al.*, 2009).

Na Reserva Biológica União, enquanto a abundância total de artrópodes do solo no PJ foi menor do que no PM, que não se diferenciou do observado em um fragmento vizinho de Mata Atlântica, tanto na estação seca quanto na chuvosa, os grupos Archaeognatha e Thysanura, saprófagos, e Diplura e Opilionida, predadores, se restringiram apenas à mata (Camara *et al.*, 2012). Os autores do trabalho anteriormente citado ainda notaram que, em relação à abundância total de artrópodes do solo, a participação de Entomobryomorpha, grupo que abrange organismos saprófagos ou micrófagos, aumentou gradativamente conforme avançou

o processo de regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica, ou seja, do PJ para o PM e deste para a mata nativa, em ambas as estações climáticas estudadas.

Assim, nestas situações, tal comunidade de organismos é capaz de refletir as modificações microclimáticas e químicas que ocorrem no solo e na serapilheira (Zou e Gonzalez, 1997; Decaëns *et al.*, 1998; Negrete-Yankelevich *et al.*, 2006; Negrete-Yankelevich *et al.*, 2007). Portanto, os invertebrados do solo, que desempenham papel fundamental nos serviços ecossistêmicos, são empregados como bioindicadores ambientais (Assad, 1997; Lavelle *et al.*, 2006). Entretanto, ainda há informações incipientes obtidas por meio de técnicas de manipulação da serapilheira (remoção/adição) para investigar a magnitude da sua influência direta sobre os organismos edáficos, em florestas. Neste sentido, foram realizados estudos em florestas temperadas na França (Ponge *et al.*, 1993) e nos EUA (Castro e Wise, 2009); em plantios de *Pinus taeda*, *Pinus elliottii* e *Pinus palustris* nos EUA (Ober e Degroote, 2011); e em florestas tropicais no Panamá (Sayer *et al.*, 2006; Sayer *et al.*, 2010).

No país, foi realizado apenas um trabalho em que se lançou mão da manipulação da serapilheira, para se investigar o seu papel sobre os artrópodes do solo. Contudo, neste, que foi conduzido em uma capoeira com 7 anos de idade, na Amazônia brasileira, foram empregados tratamentos diferentes da metodologia anteriormente citada: presença da serapilheira original e a substituição desta por folhas da serapilheira de *Carapa guianensis* Aubl.; ou de *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Müll. Arg.; ou por uma mistura proporcionalmente equilibrada composta de folhas da serapilheira destas duas espécies florestais e de *Vismia guianensis* (Aubl.) Choisy (Santos *et al.*, 2008). Desta maneira, é importante que sejam realizados mais estudos que considerem estes aspectos ecológicos, os quais contribuem para o entendimento do funcionamento dos ecossistemas florestais.

O presente estudo objetivou avaliar o efeito da presença/remoção da camada de serapilheira sobre a estrutura e composição da comunidade de artrópodes do solo em plantios do eucalipto *Corymbia citriodora*, em regeneração natural de espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica, na Reserva Biológica União, RJ. Para tanto, foi testada a hipótese de que:

(1) a presença da camada de serapilheira é responsável pela manutenção de uma comunidade de artrópodes do solo mais complexa, do ponto de vista da

estrutura e composição de grupos e guildas, em plantios do eucalipto *Corymbia citriodora*, em regeneração natural de espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica, em comparação com a remoção (ausência) da serapilheira.

5.2. Material e Métodos

5.2.1. Amostragem

Para a avaliação da comunidade de artrópodes do solo foram instaladas, aleatoriamente, duas armadilhas de queda (*pitfall-traps*) em cada uma das parcelas com serapilheira (CS) e de remoção da serapilheira (SS), nos dois plantios de eucalipto: Plantio Jovem (PJ) e Plantio Maduro (PM) (Figura 32). Portanto, em cada área (PJCS, PJSS, PMCS e PMSS) foram dispostas dez armadilhas, as quais foram consideradas como unidades experimentais. As armadilhas de queda se constituíram de potes de plástico de 500 mL, os quais foram preenchidos até 1/3 de sua capacidade volumétrica com uma solução de ácido acetilsalicílico a 3%. Tais potes foram inseridos em cavidades no solo, ficando com sua extremidade vazada nivelada com a superfície do solo. Este tipo de armadilha permite a avaliação indireta da abundância dos diferentes grupos taxonômicos, como uma função de sua atividade de locomoção na superfície do solo (Apigian *et al.*, 2006). As armadilhas, que foram instaladas nas estações chuvosa (janeiro) e seca (agosto) de 2010, permaneceram no campo por sete dias consecutivos, em cada uma das estações climáticas. Transcorrido esse tempo, foram recolhidas, tampadas e levadas ao Laboratório da Fauna do Solo na Embrapa Agrobiologia, Seropédica, RJ, para identificação e contagem dos animais.



(a)



(b)

Figura 32. Armadilhas de queda (*pitfall traps*) em parcela de presença (CS = a) no Plantio Maduro (PM) e remoção de serapilheira (SS = b) no Plantio Jovem (PJ) do eucalipto *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ. Fonte: Rodrigo Camara.

5.2.2. Identificação dos organismos e variáveis analisadas

No momento da avaliação, o conteúdo de cada armadilha foi transferido para placas de Petri onde, sob lupa binocular, os artrópodes foram identificados por meio da comparação dos indivíduos capturados com imagens disponíveis em literatura pertinente (Barnes, 1984; Costa *et al.*, 1988; Van Achterberg, 1991). Os resultados foram expressos em número de indivíduos por armadilha por dia, para refletir a abundância média total (média entre as unidades experimentais do número total de organismos da fauna do solo coletados por armadilha por dia) e de cada grupo encontrado nas áreas estudadas, seguido do erro padrão.

Estimou-se a riqueza média (média do número de grupos taxonômicos entre as unidades experimentais); a riqueza total (número total de diferentes grupos taxonômicos amostrados); a uniformidade da distribuição de indivíduos nos referidos grupos, pelo Índice de Equabilidade de Pielou; a contribuição percentual (%) dos grupos taxonômicos (razão entre a abundância média de cada grupo e a abundância média do total de organismos da fauna do solo capturados em cada área). Os valores do Índice de Equabilidade de Pielou estão compreendidos entre 0 e 1 e, quanto mais próximo de 1, maior é a homogeneidade da distribuição dos indivíduos pelos grupos taxonômicos, na comunidade (Odum, 1988).

As possíveis alterações na abundância/atividade da comunidade de artrópodes do solo como um todo, de grupos taxonômicos e das guildas que atuam na decomposição da serapilheira, em virtude da remoção (SS) da serapilheira nos plantios de *Corymbia citriodora* da Reserva Biológica União, também foram analisadas por meio da utilização do Índice V ou Índice de Mudança (Wardle e Parkinson, 1991). Tal índice, que indica distúrbios ou estabilidade na abundância de artrópodes do solo como resposta a alterações no ecossistema (Correia, 2002; Cunha Neto *et al.*, 2012), foi calculado pela fórmula: $V = ((2x/x + y) - 1)$, onde: x = abundância de cada grupo taxonômico no plantio de eucalipto na remoção (SS), ou seja, na área perturbada; y = abundância do grupo no plantio de eucalipto na presença (CS) da serapilheira, isto é, na condição não-perturbada.

O índice V varia de -1 a 1 e, quanto mais próximo o valor for de 1, maior foi a estimulação da abundância dos artrópodes do solo, pelo manejo aplicado. Em contrapartida, quanto mais próximo o valor for de -1, maior foi a inibição da abundância, pelo manejo aplicado. E quando o valor do Índice V está compreendido entre -0,05 e 0,05, significa que a abundância dos artrópodes do solo não foi

alterada pelo manejo/tratamento aplicado, em comparação com a situação original ou ideal (Correia *et al.*, 2003), que foi considerada a presença de serapilheira (CS). De acordo com este índice, os artrópodes do solo foram incluídos em categorias (modificado de Wardle, 1995), conforme apresentado abaixo (Tabela 7):

Tabela 7. Categorias de inibição e estimulação dos grupos da fauna de solo em resposta ao processo de intervenção, com base no índice V (modificado de Wardle e Parkinson, 1991 e Correia *et al.*, 2003)

Categoria	Símbolo	Índice V
Inibição extrema	IE	$V < -0,67$
Inibição moderada	IM	$-0,33 > V < -0,67$
Inibição leve	IL	$-0,05 > V < -0,33$
Sem alteração	SA	$-0,05 > V < 0,05$
Estimulação leve	EL	$0,05 > V < 0,33$
Estimulação moderada	EM	$0,33 > V < 0,67$
Estimulação extrema	EE	$V > 0,67$

5.2.3. Análises de dados

Foram analisados os efeitos da presença (CS) e remoção (SS) da serapilheira sobre a estrutura e composição da comunidade de artrópodes do solo, em plantios de *Corymbia citriodora* em dois estágios de regeneração natural de espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica, na Reserva Biológica União. Os dados de abundância total e de grupos foram apresentados por meio de valores médios, seguidos do respectivo erro padrão, considerando as 5 parcelas de cada tratamento de serapilheira (presença/remoção), nos dois plantios de *Corymbia citriodora*. As avaliações do efeito da serapilheira (presença/ausência) foram realizadas por meio do teste não-paramétrico de Mann-Whitney (Zar, 1996). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa Statistica 7.0.

5.3. Resultados

5.3.1. Abundância total e Riqueza média

A abundância total da comunidade de artrópodes do solo no PJ foi significativamente maior na presença da serapilheira do que na sua remoção, na estação chuvosa. Isto se refletiu numa abundância total média significativamente maior no PJ na presença de serapilheira, quando comparado com a remoção,

independente da estação climática. Não houve diferenças significativas entre a presença e a ausência de serapilheira quanto à abundância total da comunidade de artrópodes do solo no PM, em nenhuma das estações climáticas (Tabela 8).

Tabela 8. Abundância total (seguida do erro padrão) e riqueza média de artrópodes do solo no Plantio Jovem (PJ) e no Plantio Maduro (PM) de *Corymbia citriodora* (eucalipto), na presença (CS) e ausência (SS) de serapilheira, nas estações chuvosa e seca de 2010, na Reserva Biológica União, RJ

Abundância Total (número de indivíduos armadilha⁻¹ dia⁻¹)				
Áreas				
Estação	PJ CS	PJ SS	PM CS	PM SS
Chuvosa	21,03 A (5,42)	8,97 B (2,28)	23,51 (5,81)	28,01 (6,88)
Seca	5,95 (1,73)	4,13 (1,64)	17,70 (4,06)	17,90 (3,45)
Média	13,81 A (2,04)	6,17 B (0,55)	20,99 (2,59)	22,36 (2,25)
Riqueza Média (número médio de grupos)				
Áreas				
Estação	PJ CS	PJ SS	PM CS	PM SS
Chuvosa	11 A	7 B	12	10
Seca	8	6	10	10
Média	9 A	7 B	11	10

Valores seguidos de letras diferentes indicam diferença significativa entre a presença e ausência de serapilheira, dentro do mesmo plantio. Valores sem letra indicam ausência de diferença significativa ($p \leq 0,05$).

O mesmo padrão que ocorreu com a abundância total foi verificado para a riqueza média. Ou seja, a riqueza média aumentou significativamente com a presença da serapilheira no PJ, na estação chuvosa, mas este efeito não foi verificado no PM. Este resultado influenciou no significativo aumento da riqueza média na presença de serapilheira neste mesmo plantio, ao se computar a média das duas estações climáticas (Tabela 8).

5.3.2. Riqueza total e Equabilidade

Houve uma tendência a um aumento na riqueza total de artrópodes do solo na presença (CS) da serapilheira comparado com a sua remoção, em ambos os plantios e nas duas estações climáticas. Isto influenciou maiores valores de riqueza total na presença (CS) da serapilheira, considerando-se a média entre as duas estações climáticas, nos dois plantios de *Corymbia citriodora* (Tabela 9). Não foi

verificado efeito marcante dos tratamentos de serapilheira sobre o índice de equabilidade da comunidade de artrópodes do solo, em ambos os plantios de *Corymbia citriodora* (Tabela 9).

Tabela 9. Riqueza total e equabilidade de artrópodes do solo no Plantio Jovem (PJ) e no Plantio Maduro (PM) de *Corymbia citriodora* (eucalipto), na presença (CS) e ausência (SS) de serapilheira, nas estações chuvosa e seca de 2010, na Reserva Biológica União, RJ

Riqueza Total (número total de grupos)				
Áreas				
Estação	PJ CS	PJ SS	PM CS	PM SS
Chuvosa	20	15	22	18
Seca	16	15	17	16
Média	18	15	20	17
Equabilidade (índice de Pielou)				
Áreas				
Estação	PJ CS	PJ SS	PM CS	PM SS
Chuvosa	0,53	0,56	0,50	0,51
Seca	0,68	0,64	0,48	0,56

5.3.3. Abundância média de grupos

Foi amostrado um total de 28 grupos taxonômicos nos plantios de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União. Destes, 3 grupos ocorreram apenas na presença (CS) de serapilheira: Poduromorpha e Pseudoscorpionida no PJ, na estação chuvosa, e Mantodea no PM, na estação chuvosa. Por outro lado, outros 3 foram encontrados somente na remoção (SS) de serapilheira: Neuroptera no PJ, na estação seca, e Chilopoda e Trichoptera no PM, respectivamente nas estações chuvosa e seca (Tabela 10).

No geral, a abundância média dos grupos taxonômicos de artrópodes do solo tendeu a ser maior na presença (CS) do que na remoção (SS) da serapilheira. No entanto, as diferenças significativas entre os tratamentos de serapilheira, quanto à abundância média, ocorreram para apenas alguns grupos de artrópodes do solo, nos dois plantios de *Corymbia citriodora* (Tabela 10).

No PJ, Auchenorrhyncha, Diptera, Orthoptera e Symphypleona apresentaram valores de abundância média maiores na presença (CS) de serapilheira, em pelo

menos uma das estações climáticas. O contrário ocorreu para Entomobryomorpha no PJ, cuja abundância média foi significativamente maior na remoção (SS) da serapilheira, na estação chuvosa (Tabela 10).

No caso do PM, apenas o grupo larvas de Coleoptera apresentou abundância média estatisticamente maior na presença (CS) da serapilheira, o que foi constatado na estação chuvosa. Já o efeito oposto ocorreu apenas para Formicidae, cuja abundância média foi significativamente maior na remoção (SS) de serapilheira, na estação seca (Tabela 10).

Tabela 10. Abundância média (seguida do erro padrão) e participação percentual de grupos de artrópodes do solo no Plantio Jovem (PJ) de *Corymbia citriodora* (eucalipto), na presença (CS) e ausência (SS) de serapilheira, nas estações chuvosa e seca de 2010, na Reserva Biológica União, RJ

Grupo Taxonômico	Abundância Média (número de indivíduos armadilha ⁻¹ dia ⁻¹)							
	PJ				PM			
	CS		SS		CS		SS	
	Estação chuvosa		Estação seca		Estação chuvosa		Estação seca	
Acari	1,00 (0,31)	0,36 (0,09)	0,35 (0,11)	0,29 (0,20)	3,61 (1,02)	2,27 (0,57)	0,63 (0,18)	0,83 (0,22)
Araneae	0,40 (0,08)	0,27(0,06)	0,25 (0,05)	0,17 (0,05)	0,43 (0,10)	0,21 (0,08)	0,25 (0,09)	0,22 (0,05)
Auchenorrhyncha	0,41 (0,16)	-	0,49 A (0,11)	0,14 B (0,06)	0,34 (0,13)	0,36 (0,11)	0,48 (0,12)	0,51 (0,08)
Blattodea	0,16 (0,05)	0,03 (0,02)	-	-	0,10 (0,06)	0,01 (0,01)	-	-
Chilopoda	-	-	-	-	-	0,03 (0,02)	-	-
Coleoptera	0,04 (0,04)	0,03 (0,02)	0,05 (0,02)	-	0,13 (0,03)	0,09 (0,03)	0,27 (0,08)	0,16 (0,08)
Diplopoda	-	0,01 (0,01)	-	-	0,01 (0,01)	-	-	-
Diptera	5,89 A (0,89)	0,76 B (0,18)	1,70 A (0,43)	0,51 B (0,09)	1,49 (0,24)	1,03 (0,19)	2,08 (0,49)	1,37 (0,30)
Entomobryomorpha	1,09 A (0,11)	3,77 B (0,77)	0,49 (0,27)	1,56 (0,71)	7,00 (1,24)	14,26 (3,31)	11,44 (2,24)	10,08 (1,70)
Formicidae	3,17 (0,47)	3,06 (0,78)	2,02 (0,47)	1,22 (0,37)	7,39 (1,64)	6,81 (1,70)	1,38 A (0,34)	3,13 B (0,41)
Heteroptera	-	0,01 (0,01)	0,17 (0,07)	-	0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	0,03 (0,02)	-
Hymenoptera	0,74 (0,20)	0,43 (0,15)	0,11 (0,05)	0,03 (0,02)	0,20 (0,06)	0,24 (0,09)	0,16 (0,05)	0,35 (0,09)
Isopoda	0,01 (0,01)	-	-	0,02 (0,02)	0,13 (0,08)	-	0,02 (0,02)	0,08 (0,03)
Isoptera	0,01 (0,01)	-	0,02 (0,02)	0,02 (0,02)	0,13 (0,09)	0,01 (0,01)	0,03 (0,02)	-
Larvas de Coleoptera	-	-	0,02 (0,02)	-	0,17 A (0,05)	0,04 B (0,03)	0,06 (0,03)	0,05 (0,03)
Larvas de Diptera	0,01 (0,01)	-	-	-	0,04 (0,02)	-	0,06 (0,03)	0,03 (0,02)
Larvas de Lepidoptera	0,01 (0,01)	-	-	0,02 (0,02)	0,04 (0,02)	0,03 (0,02)	-	-
Larvas de Trichoptera	-	-	-	0,03 (0,02)	0,03 (0,02)	-	-	-
Neuroptera	-	-	-	0,02 (0,02)	-	-	-	-
Mantodea	-	-	-	-	0,04 (0,04)	-	-	-
Orthoptera	1,90 A (0,56)	0,07 B (0,03)	0,17 A (0,06)	0,02 B (0,02)	1,80 (0,71)	2,31 (0,54)	0,16 (0,06)	0,51 (0,15)
Poduromorpha	0,03 (0,03)	-	-	-	-	-	-	-
Pseudoscorpionida	0,01 (0,01)	-	-	-	-	-	-	-
Psocoptera	0,04 (0,03)	0,01 (0,01)	0,02 (0,02)	0,08 (0,03)	0,13 (0,05)	0,10 (0,04)	0,05 (0,02)	0,06 (0,03)
Sternorrhyncha	0,37 (0,13)	0,11 (0,11)	0,02 (0,02)	0,02 (0,02)	0,01 (0,01)	0,01 (0,01)	-	-
Symphyleona	5,66 A (2,25)	0,03 B (0,02)	0,05 (0,02)	-	0,27 (0,12)	0,17 (0,08)	0,08 (0,03)	0,05 (0,03)
Thysanoptera	0,06 (0,03)	0,01 (0,01)	0,03 (0,02)	-	-	-	0,51 (0,23)	0,48 (0,20)
Trichoptera	-	-	-	-	-	-	-	0,02 (0,02)
Total	21,03 A (5,42)	8,97 B (2,28)	5,95 (1,73)	4,13 (1,64)	23,51 (5,81)	28,01 (6,88)	17,70 (4,06)	17,90 (3,45)

Valores seguidos de letras diferentes indicam diferença significativa entre a presença e ausência de serapilheira, dentro do mesmo plantio. Valores sem letra indicam ausência de diferença significativa ($p \leq 0,05$).

5.3.4. Participação percentual de grupos

No PJ, Diptera, Symphypleona e Formicidae contribuíram juntos com mais da metade de todos os organismos amostrados na presença (CS; 68%), enquanto que isto ocorreu para Entomobryomorpha, Formicidae e Diptera, na remoção da serapilheira (SS; 80%), na estação chuvosa. Neste mesmo ambiente, grande parte do total da comunidade de artrópodes do solo pertenceu a Formicidae, Diptera e Auchenorrhyncha na presença (CS; 71%), e a Entomobryomorpha, Formicidae e Diptera na remoção da serapilheira (SS; 83%), na estação seca (Figura 33).

No PM, Entomobryomorpha, Formicidae e Acari corresponderam a mais da metade de todos os organismos encontrados, na presença (CS; 84%) e na remoção (SS; 83%) da serapilheira, na estação chuvosa. Na estação seca, no PM, isto ocorreu para Entomobryomorpha, Formicidae e Diptera na presença (CS; 85%) e na remoção (SS; 81%) (Figura 33).

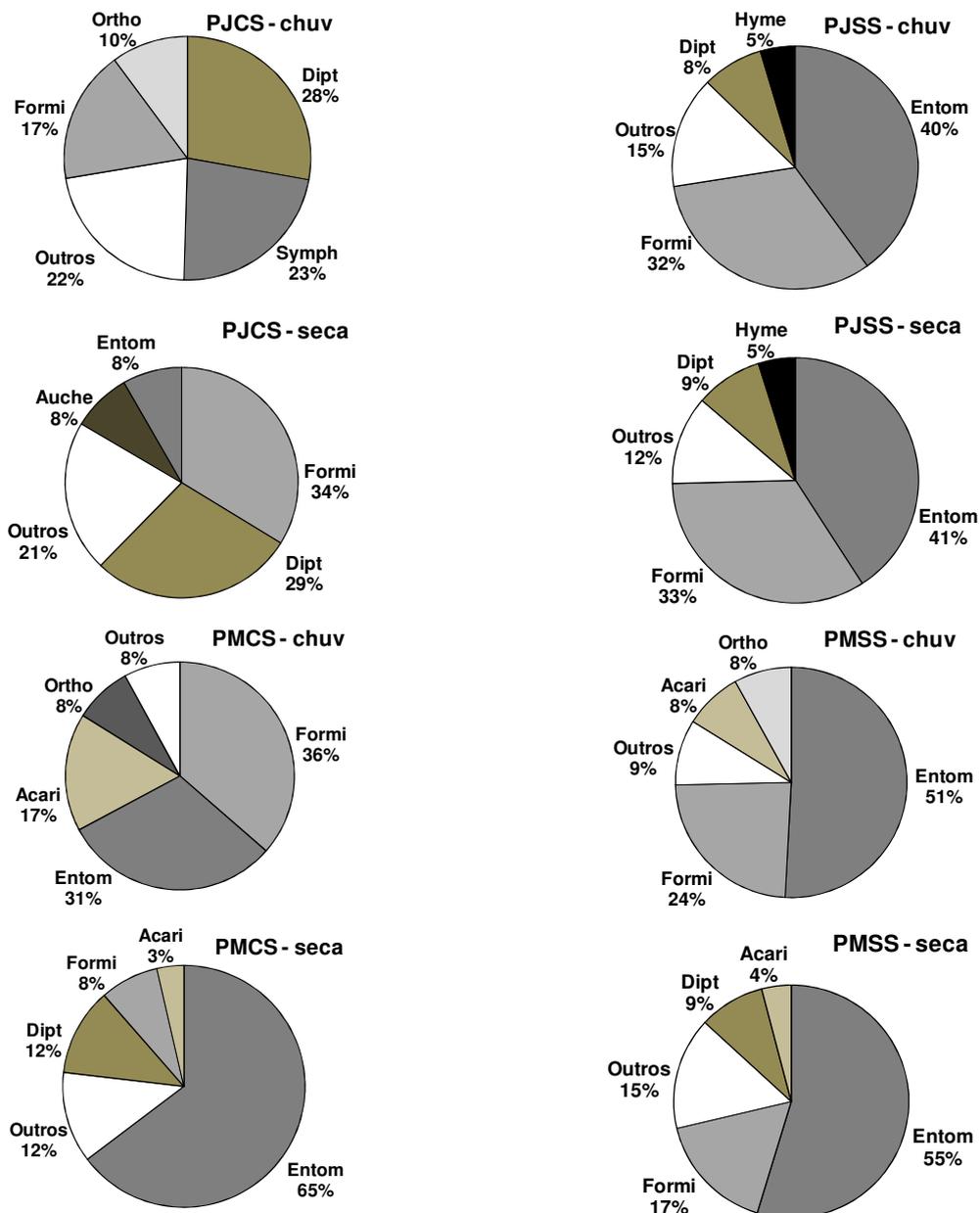


Figura 33. Participação percentual dos grupos de artrópodes do solo na presença (CS) e remoção da serapilheira (SS), nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, nas estações seca e chuvosa de 2010, na Reserva Biológica União, RJ.

5.3.5. Índice de Mudança (V)

Por meio da média da distribuição percentual dos grupos de artrópodes do solo em categorias do Índice V, entre as duas estações climáticas, notou-se que a maioria deles apresentou algum tipo de inibição, ou seja, diminuição de sua abundância, na remoção (SS) da serapilheira, tanto no PJ (72%) quanto no PM (59%), em relação à presença (CS) de serapilheira. A média das estações climáticas

ainda mostrou que, dentre as classes de inibição da abundância de artrópodes em função da remoção (SS) da serapilheira, no PJ houve a maior representatividade da categoria de inibição extrema e, no PM, a de inibição leve (Tabela 11).

Tabela 11. Distribuição percentual dos grupos taxonômicos de artrópodes do solo por categorias do Índice V, nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, em decorrência da remoção (SS) de serapilheira, nas estações chuvosa e seca de 2010, na Reserva Biológica União, RJ

Distribuição % dos grupos por categorias do Índice V						
Categoria	PJSS			PMSS		
	Chuv/10	Seca/10	Média	Chuv/10	Seca/10	Média
IE	50	30	40	30	11	21
IM	18	15	17	9	0	5
IL	14	15	15	26	39	33
SA	5	10	8	17	6	12
EL	0	0	0	9	17	13
EM	5	10	8	4	17	11
EE	9	20	14	4	11	8

IE = Inibição Extrema; IM = Inibição Moderada; IL = Inibição Leve; SA = Sem Alteração; EL = Estimulação Leve; EM = Estimulação Moderada; EE = Estimulação extrema.

Com a remoção (SS) da serapilheira, a abundância da comunidade de artrópodes do solo no PJ foi representada pelas categorias de inibição moderada (IM) e inibição leve (IL), nas estações chuvosa e seca, respectivamente. Em contrapartida, no PM, a abundância total de artrópodes do solo foi categorizada como de estimulação leve (EL) e sem alteração (SA), nas estações chuvosa e seca, respectivamente (Tabela 12).

De uma maneira geral, a abundância dos grupos taxonômicos pertencentes às guildas de saprófagos, predadores e micrófagos foi negativamente impactada pela remoção (SS) da serapilheira, nos dois plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União, em ambas as estações climáticas consideradas. Dentre os saprófagos, principalmente, e os micrófagos houve prevalência da categoria de inibição extrema (IE), com a remoção (SS) da serapilheira (Tabela 12).

Tabela 12. Categorias do índice V para a abundância total e de artrópodes do solo distribuídos nas guildas de saprófagos, predadores e micrófagos nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, em decorrência da remoção (SS) de serapilheira, nas estações chuvosa e seca de 2010, na Reserva Biológica União, RJ

Guilda	Grupos	Índice V			
		PJSS		PMSS	
		Chuv/10	Seca/10	Chuv/10	Seca/10
Saprófagos	Blattodea	IE	-	IE	-
	Diplopoda	EE	-	IE	-
	Isopoda	IE	EE	IE	EE
	Larvas de Diptera	IE	-	IE	IL
	Psocoptera	IM	EM	IL	EL
	Grupos Inibidos	4	-	5	1
	Grupos Estimulados	1	2	-	2
Predadores	Araneae	IL	IL	IM	IL
	Chilopoda	-	-	EE	-
	Neuroptera	-	EE	-	-
	Pseudoscorpionida	IE	-	-	-
	Grupos Inibidos	2	1	1	1
	Grupos Estimulados	-	1	1	-
Micrófagos / Saprófagos	Entomobryomorpha	EM	EM	EM	IL
	Poduromorpha	IE	-	-	-
	Symphyleona	IE	IE	IL	IL
	Grupos Inibidos	2	1	1	2
	Grupos Estimulados	1	1	1	-
Total	Artrópodes do solo	IM	IL	EL	SA

IE = Inibição Extrema; IM = Inibição Moderada; IL = Inibição Leve; SA = Sem Alteração; EL = Estimulação Leve; EM = Estimulação Moderada; EE = Estimulação extrema.

A remoção (SS) não ocasionou o desaparecimento de nenhuma guilda relacionada à decomposição da matéria orgânica, em comparação com a presença (CS) da serapilheira, uma vez que organismos representantes de todas as guildas foram encontrados, independentemente do tratamento de serapilheira, nos plantios de *Corymbia citriodora*. Além disto, não foi observado um padrão de inclusão das diferentes guildas em uma categoria específica do índice V, pois todas elas se enquadraram em categorias de inibição, sem alteração ou estimulação, em pelo menos um dos plantios ou em uma das estações climáticas.

5.4. Discussão

Com a remoção da serapilheira, houve a diminuição da riqueza total de grupos taxonômicos, em ambos os plantios de *Corymbia citriodora*. Por outro lado, não ocorreram alterações marcantes na composição/participação percentual dos grupos de artrópodes do solo, na comparação entre a presença e a remoção da serapilheira. Desta maneira, não se verificou um padrão de exclusão de guildas e/ou grupos taxonômicos com a remoção da serapilheira, de maneira uniforme, em ambos os plantios.

A remoção de resíduos orgânicos da superfície do solo após o corte de árvores para a obtenção de madeira, durante décadas, também não promoveu a exclusão de grupos taxonômicos de artrópodes do solo, em florestas temperadas na Suécia (Bengtsson *et al.*, 1998). Entretanto, este mesmo manejo aplicado em um plantio de *Pinus taeda* L. nos EUA, foi responsável pela exclusão de grupos artrópodes do solo pertencentes à guilda de predadores (Bird *et al.*, 2004). Isto porque as alterações na riqueza de artrópodes do solo ocasionadas pela remoção da serapilheira em florestas, geralmente são acompanhadas por modificações no padrão dos grupos dominantes, uma vez que alguns grupos desaparecem e outros migram para onde a serapilheira é mantida (Sayer, 2006).

Não houve diferenças entre a presença e remoção da serapilheira quanto ao Índice de Equabilidade dos artrópodes do solo, nos plantios de *Corymbia citriodora*. Os valores desta variável se situaram entre 0,48 e 0,68, o que evidenciou que um grande número de indivíduos pertenceu a poucos grupos taxonômicos. De fato, considerando-se os dois grupos mais abundantes, estes foram responsáveis por mais de 50% de todos os organismos amostrados, na presença e remoção da serapilheira, nos dois plantios de *Corymbia citriodora*, em ambas as estações climáticas.

A serapilheira influencia a comunidade de artrópodes do solo, seja em função da variação da porcentagem de cobertura do solo (Majer *et al.*, 1984), da espessura de sua camada (Bultman e Uetz, 1982; Yang *et al.*, 2007; Sayer *et al.*, 2010) ou de formas das folhas (Stevenson e Dindal, 1982). Em plantios de diferentes espécies florestais na Austrália, houve o incremento da riqueza de espécies de Formicidae, conforme aumentou a porcentagem de cobertura do solo pela camada de serapilheira (Majer *et al.*, 1984). Além disto, o aumento da espessura da camada de serapilheira também ocasionou o incremento da abundância total de artrópodes do

solo em florestas tropicais, em função tanto da adição de serapilheira no Panamá (Sayer *et al.*, 2010) quanto do aumento da produção de serapilheira, em decorrência da fertilização do solo em Porto Rico (Yang *et al.*, 2007).

Os impactos da serapilheira sobre a abundância de artrópodes do solo podem estar mais fortemente ligados à espessura desta camada de material orgânico disposta na superfície do solo, do que ao seu conteúdo nutricional ou à complexidade estrutural proporcionada pela diversidade de formas das folhas presentes na serapilheira, sejam elas planas e lisas, enroladas ou com margem ondulada (Bultman e Uetz, 1982). No entanto, um experimento em microcosmos mostrou que a forma das folhas da serapilheira é fator fundamental para a organização da comunidade de Araneae, pois folhas enroladas de *Acer saccharum* permitiram o aumento da riqueza de espécies, resultado que não foi observado quando a serapilheira foi composta por folhas planas e lisas desta mesma espécie arbórea (Stevenson e Dindal, 1982). Segundo estes autores, o incremento do espaço intersticial proporcionado pelas folhas enroladas permitiu a colonização por um maior número de espécies de Araneae, quando comparado com a serapilheira composta por folhas planas da mesma espécie vegetal.

Estudos de manipulação da serapilheira conduzidos em florestas tropicais, temperadas e em plantios de espécies florestais demonstraram que a abundância de artrópodes do solo diminuiu com a remoção e aumentou com a adição de serapilheira, em comparação com a presença da serapilheira naturalmente disposta sobre a superfície do solo (Tabela 13). O impacto negativo da remoção periódica da serapilheira para os artrópodes do solo pode ser mais danoso do que aquele advindo da ocorrência periódica de fogo, uma vez que nas queimadas ainda resta matéria orgânica no solo na forma de cinzas e troncos queimados, que podem funcionar como *habitat* e refúgio de alguns destes organismos (Sayer, 2006). Então, esta condição permite a recolonização da área pós-fogo, de modo que a riqueza de grupos de artrópodes do solo presente em áreas de florestas tropicais queimadas pode ser estatisticamente semelhante àquela observada em áreas que não sofreram este tipo de distúrbio (Azevedo *et al.*, 2008).

Tabela 13. Variação de valores de abundância/densidade de artrópodes do solo em função da manipulação direta da serapilheira, em diferentes ecossistemas florestais

Local	Floresta / Plantio	Tratamentos	Amostragem	Grupos	Abundância/Densidade	Referência
Panamá	Tropical Úmida (junho/2003)	SS; CS; AS	Funis de Berlese	Acari + Collembola	774; 1123; 1372 ind m ⁻²	Sayer <i>et al.</i> (2006)
	Tropical Úmida (julho/2003)				1075; 1539; 1971 ind m ⁻²	
Panamá	Tropical Úmida (SRC)	CS; AS	Funis de Berlese	Artrópodes	2384; 1360 ind m ⁻² (SRC)	Sayer <i>et al.</i> (2010)*
	Tropical Úmida (SF)				1993; 899 ind m ⁻² (SF)	
França	Temperada	SS; CS	Anel (5 cm diâmetro)	Entomobryomorpha + Symphypleona	44,8; 44,0 ind m ⁻²	Ponge <i>et al.</i> (1993)**
EUA	Temperada	AS; CS; SS	Peneiramento da serapilheira	Gênero <i>Origanates</i> (Araneae)	5,7; 11; 11,3 ind m ⁻²	Castro e Wise (2009)***
				Gênero <i>Xysticus</i> (Araneae)	4,0; 3,3; 5,3 ind m ⁻²	
EUA	Plantio de <i>Pinus</i>	SS; CS	<i>Pitfall</i>	Acari	0,97; 0,27 ind arm ⁻¹ dia ⁻¹	Ober e Degroote (2011)****
				Araneae (Caçadoras-errantes)	4,62; 2,98 ind arm ⁻¹ dia ⁻¹	
				Araneae (tecedoras)	2,54; 1,51 ind arm ⁻¹ dia ⁻¹	
				Blattodea	0,45; 1,12 ind arm ⁻¹ dia ⁻¹	
				Entomobryomorpha	0,98; 1,68 ind arm ⁻¹ dia ⁻¹	
				Myrmicinae (Formicidae)	7,23; 2,23 ind arm ⁻¹ dia ⁻¹	
			Formicinae (Formicidae)	2,63; 0,43 ind arm ⁻¹ dia ⁻¹		

SS = sem serapilheira; CS = com serapilheira; AS = adição de serapilheira. SRC = serapilheira recém-caída; SF = serapilheira fragmentada e em estágio adiantado de decomposição. *dados de coleta realizada em setembro/2005. **total de coletas realizadas entre maio/1987 e maio/1989. ***média de coletas realizadas entre junho/2006 e julho/2007. ****total de coletas realizadas entre janeiro e junho/2008.

A remoção da serapilheira em florestas não afeta negativamente apenas os saprófagos, mas também outros grupos tróficos da comunidade de artrópodes do solo, como os predadores, cuja abundância pode ser diminuída e até mesmo levar ao desaparecimento destes (David *et al.*, 1991). Esta foi a conclusão de alguns estudos, os quais notaram que a diminuição da disponibilidade de substrato decomponível influenciou negativamente os artrópodes que dele dependem diretamente como recurso alimentar, mas também diminuiu a disponibilidade de recursos alimentares para os predadores, que não dependem diretamente da serapilheira como fonte alimentar (Ponge *et al.*, 1993; Sayer, 2006).

A diminuição da cobertura do solo pela camada de serapilheira condiciona à diminuição do conteúdo de umidade e ao aumento da temperatura do solo, o que desfavorece a comunidade de artrópodes do solo (Reynolds *et al.*, 2003; Wolkovich, 2010). Em “oldfields”, nos EUA, não houve diferença no efeito da adição de serapilheira natural e na substituição desta por uma serapilheira artificial sem valor nutritivo (fibras de poliéster), sobre a abundância dos artrópodes do solo, o que demonstrou a influência positiva da presença da camada de serapilheira sobre as condições físicas do solo, com o conseqüente favorecimento da abundância da fauna do solo, quando comparado com a ausência de serapilheira (Gill, 1969).

Desta maneira, esperava-se encontrar uma forte influência da serapilheira sobre a abundância média dos grupos taxonômicos amostrados de uma forma geral, com aumento significativo do valor desta variável para a maioria dos grupos distribuídos nas variadas guildas, na presença da serapilheira, em comparação com a sua ausência. Entretanto, quando este efeito foi observado, ocorreu para poucos grupos em ambos os plantios de *Corymbia citriodora*. Mas, na comparação entre os dois plantios quanto à magnitude deste efeito, ficou evidenciado o maior impacto negativo da remoção da serapilheira no PJ, do que no PM. A diminuição da abundância total e da riqueza média de grupos, que ocorreu apenas no PJ, e a maior limitação da abundância total e de grupos de artrópodes do solo nesta área, indicada pelo Índice V, em função da remoção da serapilheira, reforçou a maior magnitude do efeito deste tratamento sobre a estrutura da comunidade de artrópodes do solo no PJ do que no PM.

Acredita-se que a serapilheira atuou como um tampão capaz de minimizar a amplitude de variações microclimáticas no PJ, o que permitiu a maior complexidade da comunidade de artrópodes do solo neste plantio de *Corymbia citriodora*. No

entanto, o efeito negativo da remoção da serapilheira foi mais evidente no PJ do que no PM. Segundo dados obtidos em agosto de 2007, o dossel no PM (78%) é mais fechado do que no PJ (57%), o que permite que no primeiro plantio o solo apresente menores valores de temperatura (13,6 °C) e maiores valores de conteúdo de umidade (14,4%), do que no segundo plantio (17,1 °C; 12,3%) (Evaristo, 2008). Portanto, a estrutura mais desenvolvida da comunidade arbórea no PM (Evaristo *et al.*, 2011) proporcionou condições microclimáticas do solo mais amenas, e minimizou o impacto negativo da remoção da serapilheira sobre os artrópodes do solo neste plantio, o que não ocorreu no PJ.

Estas condições microclimáticas mais favoráveis no PM do que no PJ também foram apontadas como um dos fatores responsáveis pela maior complexidade da comunidade de artrópodes do solo no primeiro plantio, que se aproximou mais daquela observada na mata nativa, em termos de abundância total, riqueza média, riqueza total e equabilidade, do que a comunidade destes organismos encontrada no segundo plantio, nas estações seca e chuvosa (Camara *et al.*, 2012). Apesar disto, os autores do referido trabalho demonstraram a ocorrência de diferenças entre a comunidade de artrópodes do solo quanto à composição de grupos taxonômicos nas áreas estudadas na Reserva Biológica União, uma vez que alguns grupos foram encontrados apenas na mata nativa.

Em florestas tropicais no México, o maior fechamento do dossel proporcionou maior cobertura do solo, que se refletiu em menores valores de temperatura e maiores teores de umidade no solo, quadro este que foi mais favorável aos organismos edáficos, em relação a florestas com dossel menos fechado (Ríos e Lwanga, 2006). Em florestas na Amazônia brasileira submetidas a queimadas recorrentes, a variável fechamento do dossel foi o fator que mais fortemente influenciou a estrutura da comunidade de artrópodes do solo, em comparação com os fatores profundidade da camada de serapilheira e densidade de plantas no sub-bosque (Silveira *et al.*, 2010). Esta conclusão se baseou no fato de que, no referido estudo, a abundância total e a abundância dos grupos mais representativos foi menor nas florestas com menor fechamento do dossel, onde provavelmente as condições de temperatura e umidade do solo foram as menos adequadas para os artrópodes do solo.

No presente Capítulo, o efeito contrário, ou seja, aumento da abundância de grupos taxonômicos com a remoção da serapilheira, também foi verificado, porém

em menor frequência. Neste quadro estiveram presentes Entomobryomorpha e de Formicidae, cuja abundância média foi maior na remoção do que na presença de serapilheira, no PJ e no PM. Outros trabalhos também verificaram que os valores de abundância de Formicidae podem ser maiores na remoção e menores na adição de serapilheira (Tabela 8). Já Entomobryomorpha é um grupo cuja população aumenta à medida que aumenta o conteúdo de matéria orgânica na superfície do solo, como foi atestado na comparação de diferentes tipos de manejo agrícola no Mato Grosso do Sul (Mussury *et al.*, 2002) e no Chile (Peredo *et al.*, 2009), e também em áreas degradadas (Rovedder *et al.*, 2009).

Acredita-se que o aumento da abundância de Entomobryomorpha e de Formicidae na remoção ocorreu em função da grande atividade/movimentação destes organismos entre as parcelas de remoção e presença de serapilheira, uma vez que estes dois grupos apresentam ampla mobilidade no solo. Tal fato é corroborado pela metodologia de armadilhas de queda empregada no presente estudo, a qual se baseia no registro da abundância dos organismos por meio de sua interceptação ao se locomoverem na superfície do solo e na serapilheira, no entorno das armadilhas (Apigian *et al.*, 2006; Gonçalves e Pereira, 2012). Assim, quanto maior for a atividade de determinado grupo, maiores as chances de sua captura e amostragem por meio de armadilhas de queda.

De uma maneira geral, conforme os resultados do presente Capítulo, a remoção da serapilheira não ocasionou a exclusão de nenhuma das guildas relacionada à decomposição e mineralização da matéria orgânica no solo, e nem foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos de serapilheira quanto a sua abundância. Contudo, o índice V demonstrou que praticamente todos os grupos de saprófagos, além dos predadores e micrófagos, apresentaram algum tipo de inibição, ou seja, desfavorecimento da abundância, com a remoção de serapilheira, em pelo menos um dos plantios de *Corymbia citriodora*.

Com a remoção da serapilheira, diminui-se a disponibilidade direta de recursos alimentares tanto para os saprófagos quanto para os microrganismos decompositores. E, neste último caso, há reflexos negativos sobre a guilda de micrófagos. Finalmente, o desfavorecimento generalizado das populações de saprófagos e micrófagos vai, por sua vez, limitar a disponibilidade de recursos para os predadores. Portanto, não só os organismos diretamente relacionados ao processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica no solo, os

saprófagos, como aqueles indiretamente relacionados a esta dinâmica, os micrófagos e predadores (Brussaard *et al.*, 1997; González *et al.*, 2001; Correia e Andrade, 2008), foram negativamente afetados pela remoção da serapilheira, no PJ e no PM.

Este quadro reforçou os impactos negativos da remoção da serapilheira sobre a dinâmica de nutrientes nos plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica, pois o capítulo 4 demonstrou que este manejo limitou o aporte de nutrientes para o solo via serapilheira e, conseqüentemente, conforme os resultados apresentados no Capítulo 3, ocorreu a diminuição da concentração de nutrientes no solo superficial e em folhas das espécies nativas de Mata Atlântica, no PJ e no PM.

5.5. Conclusões

Foi corroborada a hipótese de que a presença da camada de serapilheira é responsável pela manutenção de uma comunidade de artrópodes do solo mais complexa, em plantios do eucalipto *Corymbia citriodora* em regeneração natural de espécies arbóreas nativas de Mata Atlântica, em comparação com a remoção (ausência) da serapilheira. Isto porque este efeito foi observado com relação à estrutura, inclusive com relação à guilda de organismos saprófagos, em ambos os plantios, mas somente foi verificado no que se refere à composição de grupos no PJ.

DISCUSSÃO GERAL

Efeito da serapilheira sobre aspectos da dinâmica nutricional

O presente estudo demonstrou que a remoção mensal da camada de serapilheira disposta na superfície do solo, por um período de quatro a seis anos, impactou negativamente a dinâmica nutricional, em plantios de *Corymbia citriodora* em regeneração natural de Mata Atlântica, na Reserva Biológica União. Isto porque tal manejo resultou na diminuição: da concentração de nutrientes no solo superficial, em folhas verdes de espécies nativas de Mata Atlântica e na serapilheira; da produção de serapilheira anual e do aporte de nutrientes via serapilheira; da riqueza total e desfavorecimento da abundância dos artrópodes do solo, envolvidos direta e indiretamente nos processos de decomposição e mineralização da matéria orgânica, quando comparado com a manutenção da camada de serapilheira na superfície do solo. Conforme verificado anteriormente por outro estudo, o solo nestas áreas apresenta níveis muito baixos de fertilidade (Miranda *et al.*, 2007). Tal conjunto de informações demonstrou que a serapilheira desempenha papel central na entrada de nutrientes no sistema solo-planta dos plantios de *Corymbia citriodora*.

A importância da serapilheira já é bastante conhecida em diferentes ecossistemas florestais (Vitousek, 1984; Vitousek e Sanford, 1986; Proctor, 1989; DeAngelis, 1992; Attiwill e Adams, 1993; Clark *et al.*, 2001). O mesmo se pode dizer a respeito da íntima ligação que existe entre o solo, as folhas, a serapilheira produzida e os artrópodes do solo, nestes ambientes (Swift *et al.*, 1979; Vitousek e Sanford, 1986; Swift e Anderson, 1989; Attiwill e Adams, 1993; Lavelle, 1996). Por isto, as alterações ocasionadas pela remoção da serapilheira em um destes compartimentos, tendem a se refletir nos demais (Sayer, 2006).

A remoção da serapilheira também ocasionou diminuição da concentração nutricional no solo superficial em florestas tropicais nativas no Panamá (Sayer e Tanner, 2010) e na Costa Rica (Leff *et al.*, 2012), em Cerrado *sensu stricto* no centro-oeste brasileiro (Villalobos-Vega *et al.*, 2011) e mesmo nos plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União (Freitas, 2008; Silva, 2011b). Do mesmo modo, a remoção da serapilheira em uma floresta tropical no Panamá também resultou na diminuição: da concentração de nutrientes em folhas verdes de espécies arbóreas e na serapilheira anualmente produzida (Sayer e Tanner, 2010), e da abundância de artrópodes do solo envolvidos na decomposição da serapilheira (Sayer *et al.*, 2006).

A remoção da serapilheira não diminuiu sistematicamente a concentração de todos os nutrientes analisados, na totalidade dos compartimentos considerados, solo, serapilheira e folhas verdes, nos plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União. Contudo, acredita-se que, com a continuidade da remoção da serapilheira, ocorrerá a generalização da diminuição da concentração nutricional nestes ambientes. Isto porque experimentos similares conduzidos em florestas tropicais no Panamá demonstraram que a limitação nutricional no solo se intensificou com o aumento do tempo de remoção da serapilheira (Sayer e Tanner, 2010). Sabe-se que a diminuição da entrada de nutrientes no sistema solo-planta geralmente ocorre após um período de remoção da serapilheira por pelo menos dez anos, em ecossistemas florestais (Sayer, 2006).

Além disto, a limitação nutricional de determinado nutriente incorre na diminuição da disponibilidade de um segundo elemento, no solo florestal (Quesada *et al.*, 2010). De fato, os autores do trabalho anteriormente citado demonstraram que a baixa disponibilidade de P no solo acarretou na diminuição da disponibilidade de N no solo para as plantas, em florestas tropicais pertencentes ao bioma Floresta Amazônica, situadas na Bolívia, Colômbia, Venezuela, no Brasil, Equador e Peru. De uma maneira geral, sob condições de baixa disponibilidade de P no solo, aumentam a concentração de lignina na serapilheira (Coley *et al.*, 1985) e a reabsorção de nutrientes antes da abscisão foliar (Kitayama *et al.*, 2004). Como resultado, o processo de decomposição se torna mais lento (Barbhuiya *et al.*, 2008) e, enquanto a lignina não é totalmente degradada, o N permanece fortemente incorporado a sua molécula e é liberado para o solo muito lentamente (Schmidt-Rohr *et al.*, 2004; Olk *et al.*, 2006). Esta dinâmica de reabsorção de nutrientes em função da limitação no solo é um mecanismo comum e que ocorre de maneira generalizada em três tipos de florestas amplamente distribuídas no globo: florestas temperadas de coníferas, florestas temperadas com espécies de folhas largas, e florestas tropicais (McGroddy *et al.*, 2004).

Dentre os nutrientes analisados nos plantios de *Corymbia citriodora*, P, K Fe e Zn foram aqueles cujas concentrações no solo superficial foram as mais negativamente afetadas, com a remoção da serapilheira. Este mesmo resultado foi encontrado no caso das concentrações de K, Fe, Mn e Zn em folhas das espécies nativas de Mata Atlântica estudadas, e de K e Mg na serapilheira anualmente produzida nos plantios da referida espécie de eucalipto. Deste modo, percebeu-se

que o K foi o nutriente, dentre todos analisados, cuja dinâmica foi a mais severamente afetada pela remoção da serapilheira. Isto provavelmente ocorreu porque o K, que é bastante móvel na solução do solo em comparação com os demais, passou por intensa lixiviação e não foi “readicionado” ao solo devido à remoção da camada de serapilheira da superfície do solo.

A magnitude dos efeitos negativos da remoção da serapilheira sobre os compartimentos solo, folhas e serapilheira foi semelhante na comparação entre os dois plantios de *Corymbia citriodora*. Entretanto, no caso dos artrópodes do solo, tais efeitos foram mais relevantes no PJ do que no PM. Isto porque, neste plantio, a comunidade arbórea apresenta uma estrutura mais desenvolvida (Evaristo *et al.*, 2011). Como resultado, o dossel no PM é mais fechado do que no PJ, o que se reflete em condições microclimáticas do solo mais amenas, menores valores de temperatura e maior conteúdo de umidade, no primeiro do que no segundo (Evaristo, 2008). Portanto, o papel benéfico da cobertura vegetal para a manutenção de condições microclimáticas favoráveis aos artrópodes do solo, no PM, foi desempenhado pela serapilheira e pelo dossel, enquanto que no PJ, dependeu fundamentalmente da presença da serapilheira. A formação de um microclima mais favorável aos artrópodes do solo devido ao maior fechamento do dossel foi anteriormente relatada em florestas tropicais no México (Ríos e Lwanga, 2006) e na Amazônia brasileira (Silveira *et al.*, 2010).

Efeito do estágio de regeneração natural sobre aspectos da dinâmica nutricional

O estágio de regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica influenciou os aspectos da dinâmica nutricional nos plantios de *Corymbia citriodora* de diferentes maneiras. Nestas áreas, conforme avançou o estágio de regeneração natural, aumentaram: as concentrações de P disponível, Mn, Al e acidez extraível no solo superficial; a produção de serapilheira; as concentrações de N e Mg na serapilheira anualmente produzida; e o aporte de C, N, P, K e Mg via serapilheira. Por outro lado, com o desenvolvimento da regeneração natural diminuíram: o pH e as concentrações de Fe e Zn no solo superficial; as concentrações de P e Ca e a razão C/N na serapilheira anualmente produzida. Outros estudos anteriormente realizados nos plantios de *Corymbia citriodora* indicaram que no PM foram menores os valores de razão C/N e maiores as concentrações de N total no solo superficial

(Villega *et al.*, 2001; Silva, 2011b), bem como a produção anual de serapilheira no PM foi maior do que no PJ (Tesch, 2005).

As diferenças entre os plantios de *Corymbia citriodora* quanto aos aspectos da dinâmica nutricional avaliados foram o resultado das características próprias de sua comunidade arbórea. A estrutura das árvores de *Corymbia citriodora* é mais desenvolvida no PM do que no PJ, em função da diferença de idade de mais de 20 anos entre estes plantios. Aliado a isto, os valores de densidade e riqueza de espécies nativas de Mata Atlântica na regeneração natural no PM são maiores, em comparação com o PJ (Evaristo *et al.*, 2011). Como resultado, conforme já havia sido demonstrado anteriormente (Tesch, 2005) e foi ratificado pelo presente estudo, a produção de serapilheira total anual foi maior no PM, sendo que neste plantio a serapilheira produzida apresentou maior heterogeneidade, devido à maior participação de folhas de espécies nativas e à menor participação de folhas de *Corymbia citriodora*, quando comparado com o PJ.

A maior produção de serapilheira total foi o principal fator que implicou nos maiores aportes de nutrientes para o solo no PM do que no PJ. Contudo, neste aspecto também houve influência da participação mais relevante de folhas da serapilheira de espécies nativas de Mata Atlântica no PM. Isto porque este estudo detectou que as folhas da serapilheira das espécies nativas de Mata Atlântica apresentaram menor razão C/N e maiores concentrações de N, P, Mg e Ca, o que atestou sua maior qualidade química quando comparado com as folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora*.

A produção anual de serapilheira em florestas está correlacionada com a sua produtividade primária (Vitousek e Reiners, 1975; Swift e Anderson, 1989; Brown e Lugo, 1990; Steininger, 2000; Martin *et al.*, 2004; Bautista-Cruz e Castillo, 2005; Boeger *et al.*, 2005). E como esta aumenta com a estrutura da comunidade arbórea, a serapilheira produzida anualmente é maior em ecossistemas florestais mais maduros do que naqueles em início de regeneração natural, tanto em regiões de clima tropical (Ewel, 1976; Werneck *et al.*, 2001; Lawrence e Foster, 2002; Toledo *et al.*, 2002; Pinto e Marques, 2003; Barbosa e Faria, 2006; Fernandes e Scaramuzza, 2007; Pinto *et al.*, 2008; Scheer *et al.*, 2009) quanto naquelas subtropicais (Arunachalam *et al.*, 1998; Li *et al.*, 2005) ou temperadas (Lebret *et al.*, 2001).

De uma maneira geral, o aporte de nutrientes para o solo via serapilheira é basicamente influenciado pela massa de serapilheira produzida e, quanto maior é a

produção, maior é o aporte, independentemente da concentração de nutrientes, em florestas tropicais (Ewel, 1976; Steininger, 2000; Lawrence e Foster, 2002; Pinto e Marques, 2003; Martin *et al.*, 2004; Barbosa e Faria, 2006; Pinto *et al.*, 2009), subtropicais (Arunachalam *et al.*, 1998) e temperadas (Vitousek e Reiners, 1975). Por este motivo, com a evolução da regeneração natural, ocorre o aumento da concentração de nutrientes no solo superficial, em florestas tropicais (Johnson *et al.*, 2001; Lawrence e Foster, 2002; Silva Júnior *et al.*, 2004; Lima, 2009; Pinto *et al.*, 2009) e temperadas (Jia *et al.*, 2005; Noh *et al.*, 2010).

Entretanto, as características químicas da serapilheira foliar variam entre as espécies florestais, o que demonstra que a composição de espécies de uma floresta ou plantio florestal geralmente influencia fortemente a ciclagem de nutrientes (Prescott, 2002). E, devido às “propriedades coletivas” do conjunto de espécies que produz uma serapilheira mais heterogênea e com maior qualidade química em plantios florestais mistos, podem ocorrer maiores aportes de nutrientes para o solo nestes, do que em plantios monoespecíficos (Hansen e Dawson, 1982; Khanna, 1998; Parrotta, 1999; Gama-Rodrigues *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2008; Hosseini *et al.*, 2011). No caso da serapilheira anualmente produzida em florestas tropicais em estágios mais avançados de regeneração natural, a razão C/N é menor e as concentrações e aporte de nutrientes são maiores, do que naquelas mais jovens (Ewel, 1976; Arunachalam *et al.*, 1998; Toledo *et al.*, 2002; Pinto e Marques, 2003; Vasconcelos e Laurance, 2005; Calvi *et al.*, 2009; Pinto *et al.*, 2009).

A comunidade arbórea com maiores estrutura e riqueza de espécies nativas de Mata Atlântica no PM também influenciou a estrutura e a composição da comunidade de artrópodes do solo, a qual se apresentou mais semelhante àquela encontrada na mata nativa e mais complexa do que aquela encontrada no PJ (Camara *et al.*, 2012). Apesar disto, os autores do referido trabalho também notaram que o impacto dos plantios de *Corymbia citriodora* sobre os artrópodes do solo ocorreram independentemente do estágio de regeneração natural, uma vez que alguns grupos, incluindo organismos saprófagos, foram encontrados apenas na mata nativa da Reserva Biológica União.

O aporte de elementos minerais nos plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União foi considerado menor do que aquele observado em florestas nativas e em plantios de outras espécies florestais, inclusive de eucaliptos, em regiões tropicais (Mazurec, 1998; Guo e Sims, 2001; Souza e Davide, 2001;

Toledo *et al.*, 2002; Kolm e Poggiani, 2003; Zaia e Gama-Rodrigues, 2004; Cunha *et al.*, 2005; Nascimento, 2005; Villela *et al.*, 2006; Calvi *et al.*, 2009; Longhi *et al.*, 2011). De uma maneira geral, o aporte de N e P pela serapilheira de eucaliptos é relativamente pequeno, quando comparado com florestas nativas tropicais. Isto é uma função da baixa “qualidade química” da serapilheira dos eucaliptos (Gama-Rodrigues e Barros, 2002; Garay *et al.*, 2003; Villela *et al.*, 2004; Gama-Rodrigues *et al.*, 2008b; Parsons e Congdon, 2008; Diniz *et al.*, 2011).

Entretanto, devido à relevante participação das folhas da serapilheira de *Corymbia citriodora* na serapilheira total anualmente produzida, esta fração apresentou importante participação no aporte total de nutrientes em ambos os plantios desta espécie de eucalipto, independente do tratamento de serapilheira, porém com maior destaque para o PJ. Em contrapartida, devido à inexpressiva participação percentual das folhas da serapilheira das espécies nativas de Mata Atlântica na serapilheira total produzida no PJ, tal fração contribuiu de maneira expressiva para o aporte de nutrientes apenas no PM, tanto na presença quanto na remoção da serapilheira.

O conjunto de dados levantados pelo presente trabalho indicou que a manutenção da serapilheira, que apresenta significativa participação percentual das folhas de *Corymbia citriodora* na serapilheira total produzida anualmente, sobre a superfície do solo, foi importante para a manutenção da dinâmica nutricional nos plantios desta espécie de eucalipto. Contudo, os impactos negativos da remoção da serapilheira foram potencializados no PJ, onde a dinâmica da regeneração natural está menos avançada e a entrada de nutrientes para o sistema solo-planta depende mais intensamente da serapilheira de *Corymbia citriodora* do que no PM, onde já ocorre a participação expressiva das espécies nativas de Mata Atlântica na dinâmica nutricional.

O Plano de Manejo da Reserva Biológica União prevê a eliminação dos plantios de eucaliptos desta reserva (Ibama, 2007). Esta prática implicará na remoção de pelo menos parte da serapilheira, o que, conforme apontado pelo presente trabalho, poderá prejudicar o funcionamento ecológico nos plantios de *Corymbia citriodora*, principalmente no caso do PJ, nesta unidade de conservação federal. Portanto, recomenda-se que a remoção dos eucaliptos no PM, seja realizada sob a forma de anelamento parcial, para que não se prejudique de maneira significativa na dinâmica nutricional neste plantio. Em contrapartida, a manutenção

dos eucaliptos ainda é importante para a dinâmica nutricional no PJ, e a sua remoção deve ser adiada, de modo que tal prática se inicie quando houver menos dependência da serapilheira de *Corymbia citriodora*, para o funcionamento ecossistêmico nesta área.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A remoção da serapilheira interferiu negativamente na dinâmica nutricional em plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União, uma vez que ocasionou a diminuição da concentração de nutrientes do solo superficial, de folhas de espécies nativas de Mata Atlântica na regeneração natural, da serapilheira; diminuiu a produção de serapilheira e o aporte de nutrientes pela serapilheira. Adicionalmente, a remoção da serapilheira impactou negativamente a estrutura da comunidade de artrópodes do solo, principalmente a guilda de saprófagos, em plantios de *Corymbia citriodora* em regeneração natural de Mata Atlântica, na Reserva Biológica União. Portanto, foi corroborada a hipótese de que a manutenção da camada de serapilheira sobre a superfície do solo é indispensável para a dinâmica nutricional nas áreas estudadas.

A evolução do processo de regeneração natural de espécies nativas de Mata Atlântica contribuiu para o incremento da concentração de nutrientes no solo superficial, da produção de serapilheira e do aporte de nutrientes, nos plantios de *Corymbia citriodora* na Reserva Biológica União. Por outro lado, apenas parte dos nutrientes analisados apresentou aumento de sua concentração, conforme avançou a regeneração natural. Assim, a hipótese de que o incremento do desenvolvimento da regeneração natural ocorre o favorecimento da dinâmica nutricional nas áreas estudadas, foi corroborada em parte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, Z.; Llambí, L. D.; Sarmiento, L. (2009). Sensitivity of soil restoration indicators during Páramo succession in the high Tropical Andes: chronosequence and permanent plot approaches. *Restoration Ecology* 17(5): 619-627.
- Addison, J. A.; Trofymow, J. A.; Marshall, V. G. (2003). Abundance, species diversity, and community structure of Collembola in successional coastal temperate forests on Vancouver Island, Canada. *Applied Soil Ecology* 24: 233-246.
- Aerts, R. (1996). Nutrient resorption from senescing leaves of perennials: are there general patterns? *The Journal of Ecology* 84(4): 597-608.
- Aerts, R. e Chapin, F. S. (2000). The mineral nutrition in wild plants revisited: a re-evaluation of processes and patterns. *Advances in Ecology Research* 30: 1-67.
- Aidar, M. P. M. e Joly, C. A. (2003). Dinâmica da produção e decomposição da serapilheira do araribá (*Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth. - Fabaceae) em uma mata ciliar, Rio Jacaré-Pepira, São Paulo. *Revista Brasileira de Botânica* 26(2): 193-202.
- Aleixo, S. (2009). *Efeito alelopático de extratos de serapilheira e folhas verdes de Corymbia citriodora (Hook) L. A. Johnson e K. D Hill sobre a germinação de três espécies florestais de Mata Atlântica*. Monografia (Centro de Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 44p.
- Allen, S. E. (ed.) (1989). *Chemical analysis of ecological materials*. 2ed. Oxford: Blackwell Scientific Publications. 380p.
- Alves, V. M. C.; Parentoni, S. N.; Vasconcellos, C. A.; Pitta, G. V. E.; França, C. C. M. (2002). Cinética de absorção de fósforo e crescimento do sistema radicular de genótipos de milho contrastantes para eficiência a fósforo. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo* 1(1): 85-92.
- Apigian, K. O.; Dahlsten, D. L.; Stephens, S. L. (2006). Biodiversity of Coleoptera and the importance of habitat structural features in a Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Environmental Entomology* 35: 964-975.
- Aquino, A. M. (2005). Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do agroecossistema. In: Aquino, A. M. e Assis, L. R. (eds.), *Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p. 47-75.

- Arato, H. D.; Martins, S. V.; Ferrari, S. H. S. (2003). Produção e decomposição de serrapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em viçosa-MG. *Revista Árvore* 27(5): 715-721.
- Araújo, E. S. N. N.; Gimenes, M. A.; Lopes, C. R. (2002). Phylogenetic relationships among genera *Eucalyptus* and *Corymbia* species based on rDNA internal transcribed spacers sequences. *Scientia Forestalis* 62: 75-85.
- Araujo, H. J. B.; Magalhães, W. L. E.; Oliveira, L. C. (2012). Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill e L. A. S. Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. *Acta Amazonica* 42(1): 49-58.
- Arunachalam, A.; Arunachalam, K. M.; Pandey, H. N.; Tripathi, R. S. (1998). Fine litterfall and nutrient dynamics during forest regrowth in the humid subtropics of north-eastern India. *Forest Ecology and Management* 110: 209-219.
- Assad, M. L. L. (1997). Fauna do solo. In: Vargas, M. A. T. e HUNGRIA, M. (orgs.), *Biologia dos solos dos Cerrados*. Planaltina: Embrapa-Cpac. p. 363-443.
- Attiwill, P. M. (1968). The loss of elements from decomposing litter. *Ecology* 49(1): 142-145.
- Attiwill, P. M. e Adams, M. A. (1993). Nutrient cycling in forests. *New Phytologist* 124: 561-582.
- Augusto, L.; Dupouey, J.; Ranger, J. (2003). Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Annals of Forest Science* 60: 823-831.
- Austin, A. T. e Vitousek, P. M. (2000). Precipitation, decomposition and litter decomposability of *Metrosideros polymorpha* in native forests on Hawai'i. *Journal of Ecology* 88: 129-138.
- Azevedo, V. F.; Pereira, M. G.; Corrêa Neto, T. A.; Schermack, V.; Machado, D. L. (2008). Alterações na comunidade da fauna edáfica em função da queima em floresta secundária na Flona Mário Xavier Seropédica RJ. *Revista de Ciências da Vida* 28(1): p.9-17.
- Badejo, M. A. e Ola-Adams, B. A. (2000). Abundance and diversity of soil mites of fragmented habitats in a biosphere reserve in southern Nigeria. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35(11): 2121-2128.
- Barbosa, J. H. C. e Faria, S. M. (2006). Aporte de serrapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia* 57(3): 461-476.

- Barlow, J.; Gardner, T. A.; Ferreira, L. V.; Peres, C. A. (2007). Litter fall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management* 247: 91-97.
- Barnes, R. D. (1984). *Zoologia dos invertebrados*. 4 ed. São Paulo: Roca Ltda. 1179p.
- Barrett, L. I. (1931). Influence of forest litter on the germination and early survival of chestnut oak, *Quercus montana* Willd. *Ecology* 12(3): 476-484.
- Bautista-Cruz, A. e Castillo, R. F. (2005). Soil changes during secondary succession in a tropical montane cloud forest area. *Soil Science Society of America Journal* 69: 906-914.
- Bellote, A. F. J.; Dedecek, R. A.; Silva, H. D. (2008). Nutrientes minerais, biomassa e deposição de serapilheira em plantio de *Eucalyptus* com diferentes sistemas de manejo de resíduos florestais. *Pesquisa Florestal Brasileira* 56: 31-41.
- Bengtsson, J.; Lundkvist, H.; Saetre, P.; Sohlenius, B.; Solbreck, B. (1998). Effects of organic matter removal on the soil food web - forestry practices meet ecological theory. *Applied Soil Ecology* 9: 137-143.
- Benitez-Malvido, J. e Kossmann-Ferraz, I. D. (1999). Litter cover variability affects seedling performance and herbivory. *Biotropica* 31(4): 598-606.
- Bernhard-Reversat, F. (1999). The leaching of *Eucalyptus* hybrids and *Acacia auriculiformis* leaf litter: laboratory experiments on early decomposition and ecological implications in congolese tree plantations. *Applied Soil Ecology* 12: 251-261.
- Bernhard-Reversat, F. (1993). Dynamics of litter and organic matter at the fast-growing tree plantations on sandy ferrallitic soils (Congo). *Acta Ecologica* 14(2): 179-195.
- Bernhard-Reversat, F. e Schwartz, D. (1997). Change in lignin content during litter decomposition in tropical forest soils (Congo): comparison of exotic plantations and native stands. *Earth e Planetary Sciences* 325: 427-432.
- Binkley, D.; Dunkin, K. A.; Debell, D.; Ryan, M. G. (1992). Production and nutrient cycling in mixed plantations of *Eucalyptus* and *Albizia* in Hawaii. *Forest Science* 38(2): 393-408.
- Bird, S. B.; Coulson, R. N.; Fisher, R. F. (2004). Changes in soil and litter arthropod abundance following tree harvesting and site preparation in a loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation. *Forest Ecology and Management* 202: 195-208.
- Blum, W. E. H.; Warkentin, B. R; Frossard, E. (2006). Soil, human society and the environment. In: Frossard, E., Blum, W. E. H. & Warkentin, B. P. (eds.), *Function of*

Soils for Human Societies and the Environment. London: Geological Society, Special Publications (266). p. 1-8.

- Boeger, M. R. T. e Wisniewski, C. (2003). 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* 26(1): 61-72.
- Boeger, M. R. T.; Wisniewski, C.; Reissmann, C. B. (2005). Nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estádios sucessionais de floresta ombrófila densa no sul do Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 19(1): 167-181.
- Boeken, B. e Orenstein, D. (2001). The effect of plant litter on ecosystem properties in a Mediterranean semi-arid shrubland. *Journal of Vegetation Science* 12: 825-832.
- Bone, R.; Lawrence, M.; Magombo, Z. (1997). The effect of a *Eucalyptus camaldulensis* (Dehn) plantation on native woodland recovery on Ulumba Mountain, southern Malawi. *Forest Ecology and Management* 99: 83-99.
- Bonham, K. J.; Mesibov, R.; Bashford, R. (2002). Diversity and abundance of some ground-dwelling invertebrates in plantation vs. native forests in Tasmania, Australia. *Forest Ecology and Management* 158: 237-247.
- Borém, R. A. T. e Ramos, D. P. (2002). Variação estacional e topográfica de nutrientes na serapilheira de um fragmento de Mata Atlântica. *Cerne* 8(2): 042-059.
- Borges, A. L.; Caldas, R. C.; Lima, A. A.; Almeida, I. E. (2002). Efeito de doses de NPK sobre os teores de nutrientes nas folhas e no solo, e na produtividade do maracujazeiro amarelo. *Revista Brasileira de Fruticultura* 24(1): 208-213.
- Brown, S. e Lugo, A. E. (1990). Tropical secondary forests. *Journal of Tropical Ecology* 6: 1-32.
- Brussaard, L.; Behan-Pelletier, V. M.; Bignell, D. E.; Brown, V. K.; Didden, W.; Folgarait, P.; Fragoso, C.; Freckman, D. W.; Gupta, V. V. S. R.; Hattori, T.; Hawksworth, D. L.; Klopatek, C.; Lavelle, P.; Malloch, D. W.; Rusek, J.; Soderstrom, B.; Tiedje, J. M.; Virginia, R. A. (1997). Biodiversity and ecosystem functioning in soil. *Ambio* 26: 563-570.
- Bultman, T. L. e Uetz, G. W. (1982). Abundance and community structure of forest floor spiders following litter manipulation. *Oecologia* 55: 34-41.
- Bunyavejchewin, S. (1997). Ecological studies of tropical semi-evergreen rain forest at Sakaerat, Nakhon Ratchasima, northeast Thailand, II. Litterfall. *Natural History Bulletin of the Siam Society* 45: 43-52.

- Buosi, D. e Felfili, J. M. (2004). Recuperação de áreas contaminadas por pesticidas organoclorados na Cidade dos Meninos, município de Duque de Caxias, RJ. *Revista Árvore* 28(3): 465-470.
- Buschbacher, R.; Uhl, C.; Serrao, E. A. S. (1988). Abandoned pastures in Eastern Amazonia. II. Nutrient stocks in the soil and vegetation. *Journal of Ecology* 76(3): 682-699.
- Bustamante, M. M. C.; Brito, D. Q.; Kozovits, A. R.; Luedemann, G.; Mello, T. R. B.; Pinto, A. S.; Munhoz, C. B. R.; Takahashi, F. S. C. (2012). Effects of nutrient additions on plant biomass and diversity of the herbaceous-subshrub layer of a Brazilian savanna (Cerrado). *Plant Ecology* 213: 795-808.
- Caccia, F. D. e Ballaré, C. L. (1998). Effects of tree cover, understory vegetation, and litter on regeneration of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) in southwestern Argentina. *Canadian Journal of Forest Research* 28: 683-692.
- Caldeira, M. V. W.; Schumacher, M. V.; Tedesco, N.; Santos, E. M. (2000). Ciclagem de nutrientes em *Acacia mearnsii* de Wild. V. Quantificação do conteúdo de nutrientes na biomassa aérea de *Acacia mearnsii* de Wild. procedência australiana. *Ciência Rural* 30(6): 977-982.
- Calvi, G. P.; Pereira, M. G.; Espíndula Júnior, A. (2009). Produção de serapilheira e aporte de nutrientes em áreas de Floresta Atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. *Ciência Florestal* 19(2): 131-138.
- Camara, R.; Correia, M. E. F.; Villela, D. M. (2012). Effects of eucalyptus plantations on soil arthropod communities in a Brazilian Atlantic Forest conservation unit. *Bioscience Journal* 28(3): 445-455.
- Campanha, M. M.; Santos, R. H. S.; Freitas, G. B.; Martinez, H. E. P.; Jaramillo-Botero, C.; Garcia, S. L. (2007). Análise comparativa das características da serrapilheira e do solo em cafezais (*Coffea arabica* L.) cultivados em sistema agroflorestal e em monocultura, na Zona da Mata MG. *Revista Árvore* 31(5): 805-812.
- Carvalho, F. A.; Nascimento, M. T.; Braga, J. M. A. (2007). Estrutura e composição florística do estrato arbóreo de um remanescente de Mata Atlântica Submontana no município de Rio Bonito, RJ, Brasil (Mata Rio Vermelho). *Revista Árvore* 31(4): 717-730.
- Carvalho, F. A.; Nascimento, M. T.; Oliveira Filho, A. T. (2008). Composição, riqueza e heterogeneidade da flora arbórea da bacia do rio São João, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22(4): 929-940.

- Carvalho, F. A.; Nascimento, M. T.; Braga, J. M. A. (2009). Estrutura da comunidade arbórea de fragmentos de Floresta Atlântica Ombrófila Submontana na região de Imbaú, município de Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia* 60(3): 695-710.
- Castanho, C. T. e Oliveira, A. A. (2008). Relative effect of litter quality, forest type and their interaction on leaf decomposition in south-east Brazilian forests. *Journal of Tropical Ecology* 24: 149-156.
- Castro, A. e Wise, D. H. (2009). Influence of fine woody debris on spider diversity and community structure in forest leaf litter. *Biodiversity and Conservation* 18: 3705-3731.
- Cattanio, J. H.; Anderson, A. B.; Rombold, J. S.; Nepstad, D. C. (2004). Phenology, litterfall, growth, and root biomass in a tidal floodplain forest in the Amazon estuary. *Revista Brasileira de Botânica* 27(4): 703-712.
- Celentano, D.; Zahawi, R. A.; Finegan, B.; Ostertag, R.; Cole, R. J.; Holl, K. D. (2011). Litterfall dynamics under different Tropical Forest restoration strategies in Costa Rica. *Biotropica* 43(3): 279-287.
- Challinor, D. (1968). Alteration of surface soil characteristics by four tree species. *Ecology* 49(2): 286-290.
- Chapin, F. S. (1980). The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11: 233-260.
- Chave J.; Navarrete, D.; Almeida, S.; Álvarez, E.; Aragão, L. E. O. C.; Bonal, D.; Châtelet, P.; Silva-Espejo, J. E.; Goret, J.-Y.; Von Hildebrand, P.; Jiménez, E.; Patiño, S.; Peñuela, M. C.; Phillips, O. L.; Stevenson, P.; Malhi, Y. (2010). Regional and seasonal patterns of litterfall in tropical South America. *Biogeosciences* 7: 43-55.
- China, J. D. (2002). Tropical forest succession on abandoned farms in the Humacao Municipality of eastern Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 167(1-3): 195-207.
- Cierjacks, A.; Iglesias, J. E.; Wesche, K.; Hensen, I. (2007). Impact of sowing, canopy cover and litter on seedling dynamics of two *Polylepis* species at upper tree lines in central Ecuador. *Journal of Tropical Ecology* 23: 309-318.
- Clark, D. A.; Brown, S.; Kicklighter, D. W.; Chambers, J. Q.; Thomlinson, J. R.; Ni, J.; Holland, E. A. (2001). Net primary production in tropical forests: an evaluation and synthesis of existing field data. *Ecological Applications* 11(2): 371-384.
- Collins, S. L. e Good, R. E. (1987). The seedling regeneration niche: habitat structure of tree seedlings in an oak-pine forest. *Oikos* 48(1): 89-98.

- Corbeels, M.; McMurtrie, R. E.; Pepper, D. A.; O'Connell, A. M. (2005). A process-based model of nitrogen cycling in forest plantations Part II. Simulating growth and nitrogen mineralisation of *Eucalyptus globulus* plantations in south-western Australia. *Ecological Modelling* 187: 449-474.
- Corrêa Neto, T. A.; Pereira, M. G.; Correia, M. E. F.; Anjos, L. H. C. (2001). Deposição de serrapilheira e mesofauna edáfica em áreas de eucalipto e floresta secundária. *Floresta e Ambiente* 8(1): 70-75.
- Correia, M. E. F. e Andrade, A. G. (2008). Formação de serrapilheira e ciclagem de nutrientes. In: Santos, G. A. e Camargo, F. A. O. (eds.), *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese. p. 137-170.
- Correia, M. E. F. e Oliveira, L. C. M. (2000). *Fauna de solo: aspectos gerais e metodológicos*. Seropédica: Embrapa Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia (EMBRAPA-CNPAB), 46p. (Documento nº. 112).
- Correia, M. E. F.; Reis, L. L.; Campello, E. F. C.; Franco, A. A. (2003). Populações da macrofauna do solo em agricultura itinerante na região da Mata Atlântica, RJ. Anais do Workshop Uso da Macrofauna Edáfica na Agricultura do Século XXI: a Importância dos Engenheiros do Solo. Londrina: Embrapa Soja. Série Documentos nº 224, p. 200-220.
- Corte, G. N.; Macchiaverni, P.; Fabbro, I. M.; Haddad, C. R. B. (2009). Nitrogen availability, leaf life span and nitrogen conservation mechanisms in leaves of tropical trees. *Scientia Agricola*, v. 66, n. 6, p. 812-818.
- Costa, C.; Vanin, S. A.; Casari-Chen, S. A. (1988). *Larvas de Coleoptera no Brasil*. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo. 282p.
- Costa, G. S.; Franco, A. A.; Damasceno, R. N.; Faria, S. M. (2004). Aporte de nutrientes pela serrapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 28: 919-927.
- Costa, G. S.; Gama-Rodrigues, A. C.; Cunha, G. M. (2005). Decomposição e liberação de nutrientes da serrapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no Norte-Fluminense. *Revista Árvore* 29(4): 563-570.
- Craine J. M.; Elmore, A. J.; Aidar, M. P.; Bustamante, M.; Dawson, T. E.; Hobbie, E. A.; Kahmen, A.; Mack, M. C.; McLauchlan, K. K.; Michelsen, A.; Nardoto, G. B.; Pardo, L. H.; Peñuelas, J.; Reich, P. B.; Schuur, E. A.; Stock, W. D.; Templer, P. H.; Virginia, R. A.; Welker, J. M.; Wright, I. J. (2009). Global patterns of foliar nitrogen isotopes

and their relationships with climate, mycorrhizal fungi, foliar nutrient concentrations, and nitrogen availability. *New Phytologist* 183: 980-992.

- Cuevas, E. e Lugo, A. L. (1998). Dynamics of organic matter and nutrient return from litterfall in stands of ten tropical tree plantation species. *Forest Ecology and Management* 112: 263-279.
- Cullings, K. W.; New, M. H.; Makhija, S.; Parker, V. T. (2003). Effects of litter addition on ectomycorrhizal associates of a lodgepole pine (*Pinus contorta*) stand in Yellowstone National Park. *Applied and Environmental Microbiology* 69(7): 3772-3776.
- Cunha, G. M.; Gama-Rodrigues, A. C.; Costa, G. S. (2005). Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte fluminense. *Revista Árvore* 29(3): 353-363.
- Das, D. K. e Chaturvedi, O. P. (2003). Litter quality effects on decomposition rates of forestry plantations. *Tropical Ecology* 44(2): 261-264.
- David, J. F.; Ponge, J. F.; Arpin, P.; Vannier, G. (1991). Reactions of the macrofauna of a forest mull to experimental perturbations of litter supply. *Oikos* 61(3): 316-326.
- Davidson E. A.; de Carvalho, C. J.; Figueira, A. M.; Ishida, F. Y.; Ometto, J. P.; Nardoto, G. B.; Sabá, R. T.; Hayashi, S. N.; Leal, E. C.; Vieira, I. C.; Martinelli, L. A. (2007). Recuperation of nitrogen cycling in Amazonian forests following agricultural abandonment. *Nature* 447: 995-999.
- Dean, W. (1996). *A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira*. São Paulo: Companhia das Letras. 483p.
- DeAngelis, D. L. (1992). Dynamics of nutrient cycling and food webs. 1 ed. London: Chapman e Hall. 270 p.
- Decaëns, T.; Dutoitb, T.; Alardb, D.; Lavelle, P. (1998). Factors influencing soil macrofaunal communities in post-pastoral successions of western France. *Applied Soil Ecology* 9: 361-367.
- Delitti, W. B. C. (1995). Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. In: Esteves, F. A. (ed.). *Oecologia Brasiliensis*, v. 1 - Estrutura, funcionamento e manejo de ecossistemas brasileiros. Rio de Janeiro: Ed. IB/UFRJ. p. 469-486.
- Dezzeo, N. e Chacón, N. (2006). Litterfall and nutrient input in undisturbed and adjacent fire disturbed forests of the Gran Sabana, southern Venezuela. *Interciencia* 31(12): 894-899.

- Dickow, K. M. C.; Marques, R.; Pinto, C. B. (2009). Lixiviação de nutrientes da serapilheira recém-depositada em sucessão ecológica na Floresta Atlântica, litoral do Paraná. *Floresta* 39(1): 145-156.
- Diniz, A. R.; Pereira, M. G.; Loss, A. (2011). Aporte de material decíduo e nutrientes para o solo em plantio de eucalipto e floresta secundária. *Pesquisa Florestal Brasileira* 31(65): 19-26.
- Doran, J. W. e Zeiss, M. R. (2000). Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology* 15(1): 3-11.
- Duarte, M. M. (2004). Abundância de microartrópodes do solo em fragmentos de mata com araucária no sul do Brasil. *Iheringia: Série Zoologia* 94: 163-169.
- Dutta, R. K. e Agrawal, M. (2001). Litterfall, litter decomposition and nutrient release in five exotic plant species planted on coal mine spoils. *Pedobiologia* 45: 298-312.
- Dzwonko, Z. e Gawronski, S. (2002a). Effect of litter removal on species richness and acidification of a mixed oak-pine woodland. *Biological Conservation* 106: 389-398.
- Dzwonko, Z. e Gawronski, S. (2002b). Influence of litter and weather on seedling recruitment in a mixed oak-pine woodland. *Annals of Botany* 90: 245-251.
- Embrapa (1997). *Manual de métodos de análise de solo*. 2 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa em Solos. 212p.
- Engel, V. L. e Parrotta, J. A. (2003). Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: Kageyama, P. Y.; Oliveira, R. E.; Moraes, L. F. D.; Engel, V. L.; Gandara, F. B. (orgs.), *Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. Botucatu: FEPAF, p. 3-26.
- Eisenhauer, N.; Beßler, H.; Engels, C.; Gleixner, G.; Habekost, M.; Milcu, A.; Partsch, S.; Sabais, A. C. W.; Scherber, C.; Steinbeiss, S.; Weigelt, A.; Weisser, W. W.; Scheu, S. (2010). Plant diversity effects on soil microorganisms support the singular hypothesis. *Ecology* 91(2): 485-496.
- Eisenhauer, N.; Milcu, A.; Sabais, A. C. W.; Beßler, H.; Brenner, J.; Engels, C.; Klarner, B.; Maraun, M.; Partsch, S.; Roscher, C.; Schonert, F.; Temperton, V. M.; Thomisch, K.; Weigelt, A.; Weisser, W. W.; Scheu, S. (2011). Plant productivity as driver of soil biota in the long term. *PLoS ONE* 6(1). e16055. doi:10.1371/journal.pone.0016055.
- Espig, S. A.; Freire, F. J.; Marangon, L. C.; Ferreira, R. L. C.; Freire, M. B. G. S.; Espig, D. B. (2009). Sazonalidade, composição e aporte de nutrientes da serapilheira em fragmento de mata atlântica. *Revista Árvore* 33(5): 949-956.

- Evaristo, V. T. (2006). *Dinâmica da comunidade arbustivo-arbórea da Mata Atlântica em plantios abandonados de eucalipto na Reserva Biológica União*. Monografia (Centro de Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 54p.
- Evaristo, V. T. (2008). *Dinâmica da comunidade e das principais populações arbustivo-arbóreas de mata atlântica em plantios abandonados de eucalipto (Corymbia citriodora) K. D. Hill e L. A. S. Johnson*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 141p.
- Evaristo, V. T.; Braga, J. M. A.; Nascimento, M. T. (2011). Atlantic Forest regeneration in abandoned plantations of eucalypt (*Corymbia citriodora* (Hook.) K. D. Hill and L. A. S. Johnson) in Rio de Janeiro, Brazil. *Interciencia* 36(6): 431-436.
- Ewel, J. T. (1976). Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. *The Journal of Ecology* 64(1): 293-308.
- Facelli, J. M. (1994). Multiple indirect effects of plant litter affect the establishment of woody seedlings in old fields. *Ecology* 75(6): 1727-1735.
- Facelli, J. M. e Pickett, S. T. A. (1991a). Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure. *The Botanical Review* 57(1): 1-32.
- Facelli, J. M. e Pickett, S. T. A. (1991b). Plant litter: light interception and effects on an old-field plant community. *Ecology* 72(3): 1024-1031.
- Facelli, J. M.; Williams, R.; Fricker, S.; Ladd, B. (1999). Establishment and growth of seedlings of *Eucalyptus obliqua*: interactive effects of litter, water, and pathogens. *Australian Journal of Ecology* 24: 484-494.
- Fernandes, M. M.; Pereira, M. G.; Magalhães, L. M. S.; Cruz, A. R.; Giácomo, R. G. (2006). Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na Flona Mário Xavier, RJ. *Ciência Florestal* 16(2): 163-175.
- Fernandes, F. C. S. e Scaramuzza, W. L. M. P. (2007). Produção e decomposição da liteira em fragmento florestal em Campo Verde (MT). *Revista de Ciências Agrárias* (47): 173-186.
- Figueiredo Filho, A.; Moraes, G. F.; Schaaf, L. B.; Figueiredo, D. J. (2003). Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do estado do Paraná. *Ciência Florestal* 13(1): 11-18.

- Forrester, D. I.; Bauhus, J.; Cowie, A. L. (2005). On the success and failure of mixed-species tree plantations: lessons learned from a model system of *Eucalyptus globulus* and *Acacia mearnsii*. *Forest Ecology and Management* 209: 147-155.
- Frainer, A. e Duarte, M. M. (2009). Soil invertebrates in southern Brazilian Araucaria forest - grassland mosaic: differences between disturbed and undisturbed areas. *Iheringia: Série Zoologia* 99(3): 307-312.
- França, E. J.; Fernandes, E. A. N.; Bacchi, M. A.; Elias, C. (2008). Atlantic Forest: a natural reservoir of chemical elements. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 276(1): 221-228.
- Franchini, J. C.; Gonzalez-Vila, F. J.; Cabrera, F.; Miyazawa, M.; Pavan, M. A. (2001). Rapid transformations of plant water-soluble organic compounds in relation to cation mobilization in an acid Oxisol. *Plant and Soil* 231: 55-63.
- Freitas, A. V. (2008). *Efeito da remoção de serapilheira na concentração de C, N e na razão C/N no solo e em folhas de espécies nativas de Mata Atlântica em plantios de eucalipto abandonados na Reserva Biológica União, RJ*. Monografia (Centro de Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 33p.
- Fundação SOS Mata Atlântica (2010). *Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica no período 2008-2010*. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Fundação SOS Mata Atlântica (2002). *Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período 1995-2000*. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
- Fyllas, N. M.; Patiño, S.; Baker, T. R.; Nardoto, G. B.; Martinelli, L. A.; Quesada, C. A.; Paiva, R.; Schwarz, M.; Horna, V.; Mercado, L. M.; Santos, A.; Arroyo, L.; Jiménez, E. M.; Luizão, F. J.; Neill, D. A.; Silva, N.; Prieto, A.; Rudas, A.; Silviera, M.; Vieira, I. C. G.; Lopez-Gonzalez, G.; Malhi, Y.; Phillips, O. L.; Lloyd, J. (2009). Basin-wide variations in foliar properties of Amazonian forest: phylogeny, soils and climate. *Biogeosciences* 6(11): 2677-2708.
- Gama-Rodrigues, A. C. e Barros, N. F. (2002). Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil. *Revista Árvore* 26(2): 193-207.

- Gama-Rodrigues, A. C.; Barros, N. F.; Comerford, N. B. (2007). Biomass and nutrient cycling in pure and mixed stands of native tree species in southeastern Bahia, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 31: 287-298.
- Gama-Rodrigues, A. C.; Barros, N. F.; Mendonça, E. S. (1999). Alterações edáficas sob plantios puros e misto de espécies florestais nativas do sudeste da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 23: 581-592.
- Gama-Rodrigues, A. C.; Gama-Rodrigues, E. F.; Barros, N. F. (2008). Balanço de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais nativas no sudeste da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32: 1165-1179.
- Gama-Rodrigues, E. F.; Barros, N. F.; Gama-Rodrigues, A. C.; Santos, G. A. (2003). Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 27: 1021-1031.
- Gama-Rodrigues, E. F.; Barros, N. F.; Viana, A. P.; Santos, G. A. (2008). Alterações na biomassa e na atividade microbiana da serapilheira e do solo, em decorrência da substituição de cobertura florestal nativa por plantações de eucalipto, em diferentes sítios da região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32: 1489-1499.
- Ganade, G. e Brown, V. K. (2002). Succession in old pastures of central Amazonia: role of soil fertility and plant litter. *Ecology* 83(3): 743-754.
- Gang, W. (1998). Nutrient cycling characteristics of *Quercus acutissima* and *Pinus massoniana* mixed forest in the Three Gorge Reservoir area, China. *Journal of Environmental Sciences* 10(3): 378-384.
- Garay, I.; Kindel, A.; Carneiro, R.; Franco, A. A.; Barros, E.; Abbadie, L. (2003). Comparação da matéria orgânica e de outros atributos do solo entre plantações de *Acacia mangium* e *Eucalyptus grandis*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 27: 705-712.
- Gill, R. W. (1969). Soil microarthropod abundance following old-field litter manipulation. *Ecology* 50(5): 805-816.
- Gimmi, U.; Bürgi, M.; Stuber, M. (2008). Reconstructing anthropogenic disturbance regimes in forest ecosystems: a case study from the Swiss Rhone Valley. *Ecosystems* 11: 113-124.
- Gomes, J. M.; Pereira, M. G.; Piña-Rodrigues, F. C. M.; Pereira, G. H. A.; Gondim, F. R.; Silva, E. M. R. (2010). Aporte de serapilheira e de nutrientes em fragmentos

- florestais da Mata Atlântica, RJ. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 5(3): 383-391.
- Gomes, S. R.; Maurenza, D.; Lopes, M. I. M. S.; Pinto, M. M. (2006). Produção de serapilheira e retorno de nutrientes ao solo em arboreto de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) em Mogi-Guaçu, São Paulo, Brasil. *Hoehnea* 33(3): 339-347.
- Gonçalves, M. F. e Pereira, J. A. (2012). Abundance and diversity of soil arthropods in the olive grove ecosystem. *Journal of Insect Science* 12(20). Disponível em: insectscience.org/12.20. Acesso em: 04/05/2012.
- González, G. e Seastedt, T. R. (2001). Soil fauna and plant litter decomposition in tropical and subalpine forests. *Ecology* 82(4): 955-964.
- González, G.; Ley, R. E.; Schmidt, S. K.; Zou, X.; Seastedt, T. R. (2001). Soil ecological interactions: comparisons between tropical and subalpine forests. *Oecologia* 128: 549-556.
- Guo, L. B. e Sims, R. E. H. (1999). Litter production and nutrient return in New Zealand eucalypt short-rotation forests: implications for land management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 73: 93-100.
- Guo, L. B. e Sims, R. E. H. (2002). Eucalypt litter decomposition and nutrient release under a short rotation forest regime and effluent irrigation treatments in New Zealand: II. internal effects. *Soil Biology and Biochemistry* 34: 913-922.
- Hansen, E. A. e Dawson, J. O. (1982). Effect of *Alnus glutinosa* on hybrid *Populus* height growth in a short rotation intensively cultured plantation. *Forest Science* 28: 49-59.
- Haridasan, M. (1992). Observations on soils, foliar nutrient concentrations, and floristic composition of cerrado and cerradão communities in central Brazil. In: Proctor, J.; Ratter, J. A.; Furley, P. A. (eds.), *The nature and dynamics of forest-savanna boundaries*. London: Chapman e Hall. p. 171-184.
- Hendrick, R. L. e Pregitzer, K. S. (1996). Temporal and depth-related patterns of fine root dynamics in northern hardwood forests. *Journal of Ecology* 84(2): 167-176.
- Heneghan, L.; Coleman, D. C.; Zou, X.; Crossley Jr., D. A.; Haines, B. L. (1998). Soil microarthropod community structure and litter decomposition dynamics: a study of tropical and temperate sites. *Applied Soil Ecology* 9: 33-38.
- Herrera, R.; Jordan, C. F.; Klinge, H.; Medina, E. (1978). Amazon ecosystems: their structure and functioning with particular emphasis on nutrients. *Interciencia* 3: 223-232.

- Hill, K. D. e Johnson, L. A. S. (1995). Systematic studies in the eucalypts. 7. A revision of the bloodwoods, genus *Corymbia* (Myrtaceae). *Telopea* 6(2-3): 185-504.
- Höfer, H.; Hanagarth, W.; Garcia, M.; Martius, C.; Franklin, E.; Römbke, J.; Beck, L. (2001). Structure and function of soil fauna communities in Amazonian anthropogenic and natural ecosystems. *European Journal of Soil Biology* 37: 229-235.
- Hofmeister, J.; Oulehle, F.; Krám, P.; Hruska, J. (2008). Loss of nutrients due to litter raking compared to the effect of acidic deposition in two spruce stands, Czech Republic. *Biogeochemistry* 88: 139-151.
- Homeier, J.; Hertel, D.; Camenzind, T.; Cumbicus, N. L.; Maraun, M.; Martinson, G. O.; Poma, L. N.; Rillig, M. C.; Sandmann, D.; Scheu, S.; Veldkamp, E.; Wilcke, W.; Wullaert, H.; Leuschner, C. (2012). Tropical Andean forests are highly susceptible to nutrient inputs - rapid effects of experimental N and P addition to an Ecuadorian Montane Forest. *PLoS ONE* 7(10). e47128. doi:10.1371/journal.pone.0047128.
- Hooper, D. U. e Vitousek, P. M. (1998). Effects of plant composition and diversity on nutrient cycling. *Ecological Monographs* 68(1): 121-149.
- Hosseini, S. M.; Rouhi-Moghaddam, E.; Ebrahimi, E.; Rahmani, A.; Tabari, M. (2011). Comparison of growth, nutrition and soil properties of pure stands of *Quercus castaneifolia* C. A. Mey. and mixed with *Carpinus betulus* L. in the Hyrcanian forests of Iran. *Ecologia Balkanica* 3(1): 33-49.
- Hou, P. C. L.; Zou, X. M.; Huang, C. Y.; Chien, H. J. (2005). Plant litter decomposition influenced by soil animals and disturbance in a subtropical rainforest of Taiwan. *Pedobiologia* 49: 539-547.
- Ibáñez, I. e Schupp, E. W. (2002). Effects of litter, soil surface conditions, and microhabitat on *Cercocarpus ledifolius* Nutt. seedling emergence and establishment. *Journal of Arid Environments* 52(2): 209-221.
- Ibama (2007). *Plano de recuperação ambiental dos eucaliptais da Reserva Biológica União*. Rio das Ostras: Reserva Biológica União, Associação Mico-leão Dourado, Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF). 142 p.
- Jaramillo-Botero, C.; Santos, R. H. S.; Fardim, M. P.; Pontes, T. M.; Sarmiento, F. (2008). Produção de serapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Árvore* 32(5): 869-877.

- Jia, G.; Cao, J.; Wang, C.; Wang, G. (2005). Microbial biomass and nutrients in soil at the different stages of secondary forest succession in Ziwulin, northwest China. *Forest Ecology and Management* 217: 117-125.
- Johnson, C. M.; Vieira, I. C. G.; Zarin, D. J.; Frizano, J.; Johnson, A. H. (2001). Carbon and nutrient storage in primary and secondary forests in eastern Amazônia. *Forest Ecology and Management* 147: 245-252.
- Khanna, P. K. (1998). Nutrient cycling under mixed-species tree systems in southeast Asia. *Agroforestry Systems* 38: 99-120.
- Köhler, L.; Hölscher, D.; Leuschner, C. (2008). High litterfall in old-growth and secondary upper montane forest of Costa Rica. *Plant Ecology* 199: 163-173.
- Kolm, L. e Poggiani, F. (2003). Ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* submetidos à prática de desbastes progressivos. *Scientia Forestalis* (63): 79-93.
- König, F. G.; Brun, E. J.; Schumacher, M. V. e Jonas, L. (2002). Devolução de nutrientes via serapilheira em um fragmento de floresta estacional decidual no município de Santa Maria, RS. *Brasil Florestal* 74: 45-52.
- Korb, J. E.; Johnson, N. C.; Covington, W. W. (2004). Slash pile burning effects on soil biotic and chemical properties and plant establishment: recommendations for amelioration. *Restoration Ecology* 12(1): 52-62.
- Kostel-Hughes, F.; Young, T. P.; Wehr, J. D. (2005). Effects of leaf litter depth on the emergence and seedling growth of deciduous forest tree species in relation to seed size. *Journal of the Torrey Botanical Society* 132(1): 50-61.
- Lan, Y.; Wenhui, Y.; Yongchang, S. (2006). Soil animal communities at five succession stages in the litter of the evergreen broad-leaved forest in Tiantong, China. *Frontiers of Biology in China* 2: 142-150.
- Lavelle, P. (1996). Diversity of soil fauna and ecosystem function. *Biology International* 33: 3-16.
- Lavelle, P.; Bignell, D.; Lepage, M.; Wolters, V.; Roger, P.; Ineson, P.; Heal, O. W.; Dhillon, S. (1997). Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology* 33(4): 159-193.
- Lavelle, P.; Decaëns, T.; Aubert, M.; Barota, S.; Blouina, M.; Bureau, F.; Margerie, P.; Moraa, P.; Rossic, J.-P. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology* 42: S3–S15.

- Lawrence, D. e Foster, D. (2002). Changes in Forest biomass, litter dynamics and soils following shifting cultivation in southern Mexico: an overview. *Interciencia* 27(8): 400-408.
- Lebret, M.; Nys, C.; Forgeard, F. (2001). Litter production in an Atlantic beech (*Fagus sylvatica* L.) time sequence. *Annals of Forest Science* 58: 755-768.
- Leff, J. W.; Wieder, W. R.; Taylor, P. G.; Townsend, A. R.; Nemergut, D. R.; Grandy, A. S.; Cleveland, C. C. (2012). Experimental litterfall manipulation drives large and rapid changes in soil carbon cycling in a wet tropical forest. *Global Change Biology* 18: 2969-2979.
- Leitão Filho, H. F. (1987). *Considerações sobre a florística de florestas tropicais e subtropicais do Brasil*. IPEF (35): 41-46.
- Leite, F. P.; Silva, I. R.; Novais, R. F.; Barros, N. F.; Neves, J. C. L.; Villani, E. M. A. (2011). Nutrient relations during an eucalyptus cycle at different population densities. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 35: 949-959.
- Lemenih, M.; Olsson, M.; Karlton, E. (2004). Comparison of soil attributes under *Cupressus lusitanica* and *Eucalyptus saligna* established on abandoned farmlands with continuously cropped farmlands and natural forest in Ethiopia. *Forest Ecology and Management* 195: 57-67.
- Leonel, S. e Damatto Junior, E. R. (2008). Efeitos do esterco de curral na fertilidade do solo, no estado nutricional e na produção da figueira. *Revista Brasileira de Fruticultura* 30(2): 534-539.
- Li, X.; Yi, M. J.; Son, Y.; Park., P. S.; Lee, K. H.; Son, Y. M.; Kim, R. H.; Jeong, M. J. (2011). Biomass and carbon storage in an age-sequence of Korean pine (*Pinus koraiensis*) plantation forests in Central Korea. *Journal of Plant Biology* 54: 33-42.
- Li, Z. A.; Zou, B.; Xia, H.; Ren, H.; Mo, J.; Weng, H. (2005). Litterfall dynamics of an evergreen broadleaf forest and a pine forest in the subtropical region of China. *Forest Science* 51(6): 608-615.
- Lima, J. A. S. (2009). *Biomassa arbórea e estoques de nutrientes em fragmentos florestais da baixada litorânea fluminense: o efeito da fragmentação da Mata Atlântica*. 169p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 169p.
- Lindholm, T. e Nummelin, M. (1983). Changes in the community structure of forest floor vegetation after repeated litter disturbance by raking. *Silva Fennica* 17(4): 289-300.

- Lodge, D. J.; McDowell, W. H.; McSwiney, C. P. (1994). The importance of nutrient pulses in tropical forests. *Tree* 9(10): 384-387.
- Longhi, R. V.; Longhi, S. J.; Chami, L. B.; Watzlawick, L. F.; Ebling, A. A. (2011). Produção de serapilheira e retorno de macronutrientes em três grupos florísticos de uma Floresta Ombrófila Mista, RS. *Ciência Florestal* 21(4): 699-710.
- Lourenço, R. S.; Anjos, A. R. M.; Medrado, M. J. S.; Libardi, P. L. (1999). Efeito da aplicação do lodo de esgoto nos teores solúveis e totais de elementos do solo sob sistema de produção de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). *Boletim de Pesquisa Florestal* (38): 39-65.
- Lopez-Zamora, I.; Duryea, M. L.; Wild, C. C.; Comerford, M. B.; Neary, D. G. (2001). Effect of pine needle removal and fertilization on tree growth and soil P availability in a *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii* stand. *Forest Ecology and Management* 148: 125-134.
- Lorenzi, H.; Souza, H. M.; Torres, M. A. V.; Bacher, L. B. (2003). *Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas*. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 352p.
- Lowman, M. D. (1988). Litterfall and leaf decay in three Australian rainforest formations. *Journal of Ecology* 76: 451-465.
- Lugo, A. E. (1992). Comparison of tropical tree plantations with secondary forests of similar age. *Ecological Monographs* 62(1): 1-41.
- Lugo, A. E. e Helmer, E. (2004). Emerging forests on abandoned land: Puerto Rico's new forests. *Forest Ecology and Management* 190: 145-161.
- Maass, J. M.; Vose, J. M.; Swank, W. T.; Martínez-Yrizar, A. (1995). Seasonal changes of leaf area index (LAI) in a tropical deciduous forest in west Mexico. *Forest Ecology and Management* 74: 171-180.
- Majer, J. D.; Day, J. E.; Kabay, E. D.; Perriman, W. S. (1984). Recolonization by ants in bauxite mines rehabilitated by a number of different methods. *Journal of Applied Ecology* 21: 355-375.
- Makana, J. R. e Thomas, S. C. (2005). Effects of light gaps and litter removal on the seedling performance of six African timber species. *Biotropica* 37(2): 227-237.
- Malavolta, E. (1980). *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda. 252p.

- Marín-Spiotta, E.; Ostertag, R.; Silver, W. L. (2007). Long-term patterns in tropical reforestation: plant community composition and aboveground biomass accumulation. *Ecological Applications* 17: 828-839.
- Martin, P. H.; Sherman, R. E.; Fahey, T. J. (2004). Forty years of tropical forest recovery from agriculture: structure and floristics of secondary and old-growth riparian forests in the Dominican Republic. *Biotropica* 36(3): 297-317.
- Matsushima, M. e Chang, S. X. (2007). Effects of understory removal, N fertilization, and litter layer removal on soil N cycling in a 13-year-old white spruce plantation infested with Canada bluejoint grass. *Plant Soil* 292: 243-258.
- Mayer, P. M. (2008). Ecosystem and decomposer effects on litter dynamics along an old field to old-growth forest successional gradient. *Acta Oecologica* 33: 222-230.
- Mazurec, A. P. (1998). *Produção de serrapilheira e decomposição da serrapilheira em Mata Atlântica de Encosta em duas altitudes, na Serra do Imbé, Norte Fluminense, RJ*. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 84p.
- McLeod, K. W.; Sherrod Jr, C.; Porch, T. E. (1979). Response of longleaf pine plantations to litter removal. *Forest Ecology and Management* 2: 1-12.
- Menezes, C. E. G.; Correia, M. E. F.; Pereira, M. G.; Batista, I.; Rodrigues, K. M.; Couto, W. H.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, I. P. (2009). Macrofauna edáfica em estádios sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual e pastagem mista em Pinheiral (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33(6): 1647-1656.
- Merino, A.; Real, C.; Rodríguez-Gutián, M. A. (2008). Nutrient status of managed and natural forest fragments of *Fagus sylvatica* in southern Europe. *Forest Ecology and Management* 255: 3691-3699.
- Miranda, C. C.; Canellas, I. P.; Nascimento, M. T. (2007). Caracterização da matéria orgânica do solo em fragmentos de Mata Atlântica e plantios abandonados de eucalipto, Reserva Biológica União, RJ. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 31: 905-916.
- Moço, M. K. S.; Gama-Rodrigues, E. F.; Gama-Rodrigues, A. C.; Correia, M. E. F. (2005). Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte-Fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 29: 555-564.
- Moghaddas, E. E. Y. e Stephens, S. L. (2007). Thinning, burning, and thin-burn fuel treatment effects on soil properties in a Sierra Nevada mixed-conifer forest. *Forest Ecology and Management* 250: 156-166.

- Molofsky, J. e Augspurger, C. K. (1992). The effect of leaf litter on early seedling establishment in a tropical forest. *Ecology* 73(1): 68-77.
- Montagnini, F.; Fanzeres, A.; DA Vinha, S. G. (1994). Studies on restoration ecology in the Atlantic Forest region of Bahia, Brazil. *Interciencia* 19(6): 323-330.
- Moraes, L. F. D.; Campello, E. F. C.; Pereira, M. G.; Loss, A. (2008). Características do solo na restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ. *Ciência Florestal* 18(2): 193-206.
- Moraes, R. M.; Delitti, W. B. C.; Struffaldi-De Vuono, Y. (1999). Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forests. *Revista Brasileira de Botânica* 22(1): 9-16.
- Morellato, L. P. C.; Talora, D. C.; Takahasi, A.; Bencke, C. C.; Romera, E. C.; Zipparro, V. B. (2000). Phenology of Atlantic Rain Forest trees: a comparative study. *Biotropica* 32(4b): 811-823.
- Mussury, R. M.; Scalon, S. P. Q.; Silva, S. V.; Soligo, V. R. (2002). Study of Acari and Collembola populations in four cultivation systems in Dourados - MS. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 45(3): 257-264.
- Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Fonseca, G. A. B.; Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853-858.
- Myster, R. W. (1994). Contrasting litter effects on old field tree germination and emergence. *Vegetatio* 114: 169-174.
- Nakano, K. (1978). An ecological study of Swedden agriculture at a village in Northern Thailand. *South East Asian Studies* 16(3): 411-446.
- Nannipieri, P.; Ascher, J.; Ceccherini, M. T.; Landi, L.; Pietramellara, G.; Renella, G. (2003). Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science* 54: 655-670.
- Nardoto, G. B. e Bustamante, M. M. C. (2003). Effects of fire on soil nitrogen dynamics and microbial biomass in savannas of Central Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38(8): 955-962.
- Nardoto, G. B.; Bustamante, M. M. C.; Pinto, A. S.; Klink, C. A. (2006). Nutrient use efficiency at ecosystem and species level in savanna areas of Central Brazil and impacts of fire. *Journal of Tropical Ecology* 22: 191-201.
- Nascimento, A. C. P. (2005). *Produção e aporte de nutrientes da serapilheira em um fragmento de Mata Atlântica na REBIO União, RJ: efeito de borda*. Dissertação (Mestrado em Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 82p.

- Nascimento, M. T. e Proctor, J. (2001). Leaf herbivory on three species in a monodominant and two other terra firme forests on Maracá Island, Brazil. *Acta Amazonica* 31(1): 27-38.
- Nascimento, A. A.; Freitas, A. V.; Silva, A. P.; Villela, D. M.; Nascimento, M. T. (2011). Herbivoria foliar de *Xylopia sericea* St. Hil. (Annonaceae) em sub-bosque de plantio de Eucalipto e de Mata Atlântica. *Scientia Forestalis* 39(89): 77-86.
- Ndakara, O. E. (2012). Litterfall and nutrient returns in isolated stands of Terminalia catappa trees in the rainforest area of southern Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management* 5(1). Disponível em: <http://www.ajol.info/index.php/ejesm/article/view/74146>. Acesso em: 18/09/2012.
- Negrete-Yankelevich, S.; Fragoso, C.; Newton, A. C.; Heal, O. W. (2007). Successional changes in soil, litter and macroinvertebrate parameters following selective logging in a Mexican Cloud Forest. *Applied Soil Ecology* 35: 340-355.
- Negrete-Yankelevich, S.; Fragoso, C.; Newton, A. C.; Russell, G.; Heal, O. W. (2006). Spatial patchiness of litter, nutrients and macroinvertebrates during secondary succession in a Tropical Montane Cloud Forest in Mexico. *Plant and Soil* 286: 123-139.
- Nettesheim, F. C.; Menezes, L. F. T.; Carvalho, D. C.; Conde, M. M. S.; Araujo, D. S. D. (2010). Influence of environmental variation on Atlantic Forest tree-shrub-layer phytogeography in southeast Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 24(2): 369-377.
- Nimer, E. (1979). *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE. 422 p.
- Noh, N. J.; Yowhan, S.; Lee, S. K.; Seo, K. W.; Heo, S. J.; Yi, M. J.; Park, P. S.; Kim, R. H.; Son, Y. M.; Lee, K. H. (2010). Carbon and nitrogen storage in an age-sequence of *Pinus densiflora* stands in Korea. *Science China* 53(7): 822-830.
- Ober, H. K. e Degroote, L. W. (2011). Effects of litter removal on arthropod communities in pine plantations. *Biodiversity and Conservation* 20: 1273-1286.
- Odiwe, A. I. e Muoghalu, J. I. (2003). Litterfall dynamics and forest floor litter as influenced by fire in a secondary lowland rain forest in Nigeria. *Tropical Ecology* 44(2): 243-251.
- Odum, E. P. (1969). The strategy of ecosystem development. *Science* 164: 262-270.
- Odum, E. P. (1988). *Ecologia*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. 434 p.
- Oliveira, R. R. (2008). When the shifting agriculture is gone: functionality of Atlantic Coastal Forest in abandoned farming sites. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Ciências Humanas* 3(2): 213-226.

- Oliveira, J. T.; Tomasello, M.; Silva, J. C. (2005). Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento. *Revista Árvore* 29(6): 993-998.
- Oliveira, S. A.; Moraes, M. L. T.; Buzetti, S. (2000). Efeito da aplicação de NPK e micronutrientes no desenvolvimento de *Eucalyptus citriodora* Hook. *Floresta* 29(1-2): 27-36.
- Oliveira-Filho, A. T. e Fontes, M. A. L. (2000). Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. *Biotropica* 32: 793-810.
- Ostertag, R.; Giardina, C. P.; Cordell, S. (2008). Understory colonization of *Eucalyptus* plantations in Hawaii in relation to light and nutrient levels. *Restoration Ecology* 16(3): 475-485.
- Pan, J. J.; Widner, B.; Ammerman, D.; Drenovsky, R. E. (2010). Plant community and tissue chemistry responses to fertilizer and litter nutrient manipulations in a temperate grassland. *Plant Ecology* 206: 139-150.
- Paniagua, A.; Kammerbauer, J.; Avedillo, M.; Andrews, A. M. (1999). Relationship of soil characteristics to vegetation successions on a sequence of degraded and rehabilitated soils in Honduras. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 72: 215-225.
- Paoli, G. D.; Curran, L. M.; Zak, D. R. (2006). Soil nutrients and beta diversity in the Bornean Dipterocarpaceae: evidence for niche partitioning by tropical rain forest trees. *Journal of Ecology* 94: 157-170.
- Parrotta, J. A. (1999). Productivity, nutrient cycling and succession in single- and mixed-species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico. *Forest Ecology and Management* 124: 45-77.
- Parsons, S. A. e Congdon, R. A. (2008). Plant litter decomposition and nutrient cycling in north Queensland tropical rain-forest communities of differing successional status. *Journal of Tropical Ecology* 24: 317-327.
- Paula, R. R.; Pereira, M. G.; Menezes, L. F. T. (2009). Aporte de nutrientes e decomposição da serapilheira em três fragmentos florestais periodicamente inundados na Ilha da Marambaia, RJ. *Ciência Florestal* 19(2): 139-148.
- Pavinato, P. S. e Rosolem, C. A. (2008). Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32: 911-920.
- Peixoto, A. L. (1992). Vegetação da costa atlântica. In: MONTEIRO, S. e KAZ, L. (eds.). *Floresta Atlântica*. Rio de Janeiro: Ed. Alumbamento. p. 33-41.

- Peredo, S.; Parada, E.; Veja, M.; Barrera, C. (2009). Edaphic mesofauna community structure in organic and conventional management of cranberry (*Vaccinium* sp.) plantations: an agroecological approach. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 9(3): 236-244.
- Pereira, M. G.; Menezes, L. F. T.; Schultz, N. (2008). Aporte e decomposição da serapilheira na Floresta Atlântica, Ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ. *Ciência Florestal* 18(4): 443-454.
- Pinto, F. L. (2012). *Ecofisiologia de duas espécies nativas da Mata Atlântica: estudo fotossintético em áreas de plantio de eucalipto removido, abandonado e submetido à remoção da serapilheira em uma Reserva Biológica (Rebio União, RJ)*. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 75p.
- Pinto, C. B. e Marques, R. (2003). Aporte de nutrientes por frações da serapilheira em sucessão ecológica de um ecossistema da Floresta Atlântica. *Revista Floresta* 33(3): 257-264.
- Pinto, S. I. C.; Martins, S. V.; Barros, N. F.; Dias, H. C. T. (2009). Ciclagem de nutrientes em dois trechos de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Florestal Mata do Paraíso em viçosa, MG, Brasil. *Revista Árvore* 33(4): 653-663.
- Pinto, S. I. C.; Martins, S. V.; Barros, N. F.; Dias, H. C. T. (2008). Produção de serapilheira em dois estádios sucessionais de Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. *Revista Árvore* 32(3): 545-556.
- Pires, L. A.; Britez, R. M.; Martel, G.; Pagano, S. N. (2006). Produção, acúmulo e decomposição da serapilheira em uma restinga da Ilha do Mel, Paranaguá, PR, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 20(1): 173-184.
- Ponge, J. F.; Arpin, P.; Vannier, G. (1993). Collembolan response to experimental perturbations of litter supply in a temperate forest ecosystem. *European Journal of Soil Biology* 29(3-4): 141-153.
- Ponge, J. F.; Gillet, S.; Dubs, F.; Fedoroff, E.; Haese, L.; Sousa, J. P.; Lavelle, P. (2003). Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. *Soil Biology and Biochemistry* 35(6): 813-826.
- Pozo, J.; Gonzáles, E.; Díez, J. R.; Molinero, J.; Elósegui, A. (1997). Inputs of particulate organic matter to streams whit different riparian vegetation. *Journal of the North American Benthological Society* 16(3): 602-611.

- Prescott, C. E. (2002). The influence of the forest canopy on nutrient cycling. *Tree Physiology* 22: 1193-1200.
- Proctor, J. (1983). Tropical forest litterfall. I. Problems of data comparison. In: Sutton, S. L.; Whitmore, T. C.; Chadwick, A. C. (eds.), *Tropical rain forest: ecology and management*. Oxford: Blackwell Scientific Publications, p. 267-273.
- Proctor, J. (1989). Tropical rain forests. *Progress in Physical Geography* 13(3): 409-430.
- Proctor, J.; Anderson, J. M.; Fogden, S. C. L.; Vallack, H. W. (1983). Ecological studies in four contrasting lowland rain forests in Gunung Mulu National Park, Sarawak: II. Litterfall, litter standing crop and preliminary observations on herbivory. *The Journal of Ecology* 71(1): 261-283.
- Rabelo, G. R. (2003). *Florística e estrutura da regeneração de espécies nativas de Mata Atlântica em plantios de Eucalyptus citriodora Hook de diferentes idades e após 6 anos de abandono na REBIO União, RJ*. Monografia (Centro de Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 35p.
- Radambrasil (1983). *Levantamento de recursos naturais*. Rio de Janeiro, RJ: Ministério das Minas e Energia 32. 768 p.
- Rai, S. N. e Proctor, J. (1996). Ecological studies on four rainforests in Karnataka, India: II. Litterfall. *The Journal of Ecology* 74(2): 455-463.
- Ranger, J.; Gerard, F.; Lindemann, M.; Gelhaye, D.; Gelhaye, L. (2003). Dynamics of litterfall in a chronosequence of douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* Franco) stands in the Beaujolais mounts (France). *Annals of Forest Science* 60: 475-488.
- Read, L. e Lawrance, D. (2003). Litter nutrient dynamics during succession in dry tropical forests of the Yucatan: regional and seasonal effects. *Ecosystems* 6: 747-761.
- Reynolds, B. C.; Crossley, D. A.; Hunter, M. D. (2003). Response of soil invertebrates to forest canopy inputs along a productivity gradient. *Pedobiologia* 47: 127-139.
- Rezende, J. L. P.; Garcia, Q. S.; Scotti, M. R. M. M. L. (2001). Laboratory decomposition of *Dalbergia nigra* All. ex. Benth and *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden leaves in forest and eucalypt plantation soils. *Acta Botanica Brasilica* 15(3): 305-312.
- Ribeiro, A. C. C. (2004). *Estrutura e composição florística de lianas em plantios de eucaliptos da espécie Corymbia citriodora (Hook) L. A. Jonhson & K. D. Hill, de diferentes idades, na Reserva Biológica da União*. Monografia (Centro de Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 35p.

- Ribeiro, A. C. C. (2007). *Efeito da remoção da serapilheira no estabelecimento de plântulas de espécies nativas na Mata Atlântica em plantios de eucalipto Corymbia citriodora (Hook) L. A. Johnson e K. D. Hill na Reserva Biológica União, Rio das Ostras, RJ*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 61p.
- Ríos, A. M. e Lwanga, E. H. (2006). Soil macrofauna of two successional evergreen cloud forest stages from the Cerro Huitepec Nature Reserve, San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México. *Interciencia* 31(8): 611-615.
- Rodrigues, P. J. F. P. (2004). *A vegetação da Reserva Biológica União e os efeitos de borda na Mata Atlântica fragmentada*. Tese (Doutorado em Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 136 p.
- Rovedder, A. P. M.; Eltz, F. L. F.; Drescher, M. S.; Schenato, R. B.; Antonioli, Z. I. (2009). Organismos edáficos como bioindicadores da recuperação de solos degradados por arenização no Bioma Pampa. *Ciência Rural* 39(4): 1061-1068.
- Sá-Rocha, J. D.; Lima, A. M.; Terra, G.; Piña-Rodrigues, F. C. M. (2002). Avaliação do enriquecimento por dispersão natural de palmiteiro *Euterpe edulis* Martius em trecho de Floresta Ombrófila Densa Montana na região de Miguel Pereira – RJ. *Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida* 22(2): 205-209. Suplemento.
- Saiter, F. Z.; Wendt, T.; Villela, D. M.; Nascimento, M. T. (2009). Rain Forests: floristics. In: Claro, K. D.; Oliveira, P. S.; Rico-Gray, V.; Barbosa, A. A. A.; Bonet, A.; Scarano, F. R.; Garzon, F. J. M.; Villarnovo, G. C.; Coelho, L.; Sampaio, M. V.; Quesada, M.; Morris, M. R. et al. (orgs.), *International Commission On Tropical Biology And Natural Resources*. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS). Oxford: UNESCO, Eolss Publishers. p. 203-228. v. 1.
- Salazar, S.; Sanchez, L. E.; Galindo, P.; Santa-Regina, I. (2010). Above-ground tree biomass equations and nutrient pools for a paraclimax chestnut stand and for a clímax oak stand in the Sierra de Francia Mountains, Salamanca, Spain. *Scientific Research and Essays* 5(11): 1294-1301.
- Sanches, L., Valentini, C. M. A.; Biudes, M. S.; Nogueira, J. S. (2009). Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13(2): 183-189.
- Sanches, L., Valentini, C. M. A.; Pinto Júnior, O. B.; Nogueira, J. S.; Vourlitis, G. L.; Biudes, M. S.; Silva, C. J.; Bambi, P.; Lobo, F. A. (2008). Seasonal and interannual

litter dynamics of a tropical semideciduous forest of the southern Amazon Basin, Brazil. *Journal of Geophysical Research* 113 (G04007). Disponível em: <http://www.agu.org/pubs/crossref/2008/2007JG000593.shtml>. Acesso em: 23/08/2012.

- Sanginga, N. e Swift, M. J. (1992). Nutritional effects of *Eucalyptus* litter on the growth of maize (*Zea mays*). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41: 55-65.
- Santos, E. M. R.; Franklin, E.; Luizão, F. J. (2008). Litter manipulation and associated invertebrate fauna in secondary forest, central Amazonia, Brazil. *Acta Oecologica* 34: 274-284.
- Saporetto Jr., A. W.; Meira Neto, J. A. A.; Almado, R. (2003). Fitossociologia de sub-bosque de cerrado em talhão de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no município de Bom Despacho-MG. *Revista Árvore* 27(6): 905-910.
- Sasikumar, K.; Vijayalakshmi, C.; Parthiban, K. T. (2001). Allelopathic effects of four eucalyptus species on redgram (*Cajanus cajan* L.). *Journal of Tropical Agriculture* 39: 134-138.
- Satti, P.; Mazzarino, M. J.; Gobbi, M.; Funes, F.; Roselli, L.; Fernandez, H. (2003). Soil N dynamics in relation to leaf litter quality and soil fertility in north-western Patagonian forests. *Journal of Ecology* 91: 173-181.
- Sayer, E. J. (2006). Using experimental manipulation to assess the roles of leaf litter in the functioning of forest ecosystems. *Biological Reviews* 81: 1-31.
- Sayer, E. J. e Tanner, E. V. J. (2010). Experimental investigation of the importance of litterfall in lowland semi-evergreen tropical forest nutrient cycling. *Journal of Ecology* 98(5): 1052-1062.
- Sayer, E. J.; Sutcliffe, L. M. E.; Ross, R. I. C.; Tanner, E. V. J. (2010). Arthropod abundance and diversity in a lowland tropical forest floor in Panama: the role of habitat space vs. nutrient concentrations. *Biotropica* 42(2): 194-200.
- Sayer, E. J.; Tanner, E. V. J.; Lacey, A. L. (2006). Effects of litter manipulation on early-stage decomposition and meso-arthropod abundance in a tropical moist Forest. *Forest Ecology and Management* 229: 285-293.
- Sayer, E. J.; Wright, S. J.; Tanner, E. V. J.; Yavitt, J. B.; Harms, K. E.; Powers, J. S.; Kaspari, M.; Garcia, M. N.; Turner, B. L. (2012). Variable responses of lowland tropical forest nutrient status to fertilization and litter manipulation. *Ecosystems* 15: 387-400.

- Scheer, M. B.; Gatti, G.; Wisniewski, C. (2011). Nutrient fluxes in litterfall of a secondary successional alluvial rain forest in Southern Brazil. *Revista de Biología Tropical* 59(4): 1869-1882.
- Scheer, M. B.; Gatti, G.; Wisniewski, C.; Mocoichinski, A. Y.; Cavassani, A. T.; Lorenzetto, A.; Putini, F. (2009). Patterns of litter production in a secondary alluvial Atlantic Rain Forest in southern Brazil. *Revista Brasileira Botânica* 32(4): 805-817.
- Schmidt, P.; Dickow, K.; Rocha, A. A.; Marques, R.; Scheuermann, L.; Römbke, J.; Förster, B.; Höfer, H. (2008). Soil macrofauna and decomposition rates in southern Brazilian Atlantic rainforests. *Ecotropica* 14: 89-100.
- Schumacher, M. V. e Poggiani, F. (1993). Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, plantados em Anhembí, SP. *Ciência Florestal* 3(1): 21-34.
- Seastedt, T. R. (1984). The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. *Annual Review of Entomology* 29: 25-46.
- Seastedt, T. R. e Crossley Jr, D. A., 1984. The influence or arthropods on ecosystems. *BioScience* 34(3): 157-161.
- Setia, N.; Batish, D. R.; Singh, H. P.; Kohli, R. K. (2007). Phytotoxicity of volatile oil from *Eucalyptus citriodora* against some weedy species. *Journal of Environmental Biology* 28(1): 63-66.
- Sharma, E. e Ambasht, R. S. (1990). Biomass, productivity and energetics in Himalayan alder plantations. *Annals of Botany* 67(4): 285-293.
- Silva, J. C. (2009a). *Paradigmas das plantações de eucalipto: no limiar entre o bom senso e a insensatez...* Viçosa: Arka. 128p.
- Silva, A. P. (2009b). *Ciclagem de nutrientes na Mata Atlântica de baixada na APA da Bacia do Rio São João, RJ: efeito do tamanho do fragmento*. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 133 p.
- Silva, E. G. (2011a). *Plantio de mudas e semeadura direta de espécies nativas da mata atlântica em plantio de eucalipto abandonado na Reserva Biológica União, Rio das Ostras, RJ*. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 61p.
- Silva, V. D. (2011b). *Concentração de C, N e razão C/N no solo em plantios abandonados de eucalipto (Corymbia citriodora (Hook.) K. D. Hill e L. A. S. Johnson) na Reserva*

- Biológica União, RJ: efeito da serapilheira*. Monografia (Centro de Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 39p.
- Silva, A. P. e Villela, D. M. (no prelo). Nutrientes foliares de espécies arbóreas na Mata Atlântica: efeito do tamanho do fragmento. *Ciência Florestal*.
- Silva, C. J.; Lobo, F. A.; Bleich, M. E.; Sanches, L. (2009a). Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. *Acta Amazonica* 39(3): 591-600.
- Silva, G. R.; Silva JR., M. L.; Melo, V. S. (2009b). Efeitos de diferentes usos da terra sobre as características químicas de um latossolo amarelo do Estado do Pará. *Acta Amazonica* 36(2): 151-158.
- Silva Júnior, W. M.; Martins, S. V.; Silva, A. F.; Marco Júnior, P. (2004). Regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas em dois trechos de uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG. *Scientia Forestalis* (66): 169-179.
- Silveira, J. M.; Barlow, J.; Louzada, J.; Moutinho, P. (2010). Factors affecting the abundance of leaf-litter arthropods in unburned and thrice-burned seasonally-dry Amazonian Forests. *PLoS ONE* 5(9): e12877. Disponível em: <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0012877>. Acesso em: 05/05/2011.
- Singh, L. (1992). Dry matter and nutrient inputs through litter fall in a dry tropical forest of India. *Vegetatio* 98: 129-140.
- Singh, J. S. e Gupta, S. R. (1977). Plant decomposition and soil respiration in terrestrial exosystems. *The Botanical Review* 43(4): 449-515.
- Sivagurunathan, M.; Devi, G. S.; Ramasamy, K. (1997). Allelopathic compounds in *Eucalyptus* spp. *Allelopathy Journal* 4(2): 313-320.
- Souto, X. C.; Bolaño, J. C.; González, L.; Reigosa, M. J. (2001). Allelopathic effects of tree species on some microbial populations and herbaceous plants. *Biologia Plantarum* 44(2): 269-275.
- Souza, J. A. e Davide, A. C. (2001). Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de bracatinga (*Mimosa scabrella*) e de eucalipto (*Eucalyptus saligna*) em áreas de mineração de bauxita. *Cerne* 7(1): 101-113.
- Steininger, M. K. (2000). Secondary forest structure and biomass following short and extended land-use in central and southern Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 16: 689-708.

- Stevenson, B. G. e Dindal, D. L. (1982). Effect of leaf shape on forest litter spiders: community organization and microhabitat selection of immature *Enoplognatha ovata* (Clerck) (Theridiidae). *Journal of Arachnology* 10: 165-178.
- Suguituru, S. S.; Silva, R. S.; Souza, D. R.; Munhae, C. B.; Morini, M. S. C. (2011). Ant community richness and composition across a gradient from Eucalyptus plantations to secondary Atlantic Forest. *Biota Neotropica* 11(1). Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/en/abstract?inventory+bn00811012011>. Acesso em: 19/04/2012.
- Swift, M. J. e Anderson, J. M. (1989). Decomposition. In: Lieth, H. e Werger, M. J. A. *Tropical rain forest ecosystems: biogeographical and ecological studies*. Ecosystems of the world 14B. New York: Elsevier Science. p. 547-569.
- Swift, M. J.; Heal, O. W.; Anderson, J. M. (1979). *Decomposition in terrestrial ecosystems*. Oxford: Blackwell Scientific Publications 5. 372 p.
- Sydes, C. e Grime, J. P. (1981a). Effects of tree leaf litter on herbaceous vegetation in deciduous woodland: I. Field. *Journal of Ecology* 69(1): 237-248.
- Sydes, C. e Grime, J. P. (1981b). Effects of tree leaf litter on herbaceous vegetation in deciduous woodland: II. An experimental investigation. *Journal of Ecology* 69(1): 249-262.
- Tabarelli, M.; Pinto, L. P.; Silva, J. M. C.; Hirota, M. M.; Bedê, L. C. (2005). Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. *Megadiversidade* 1(1): 132-138.
- Tanner, E. V. J.; Kapos, V.; Franco, W. (1992). Nitrogen and phosphorus fertilization effects on Venezuelan Montane Forest trunk growth and litterfall. *Ecology* 73(1): 78-86.
- Tesch, E. R. (2005). *Produção de serapilheira em três plantios de eucalipto (Corymbia citriodora (Hook) L. A. Johnson e K. D. Hill), de diferentes idades, com sub-bosque de mata nativa em regeneração, na Reserva biológica União, RJ*. Monografia (Centro de Biociências e Biotecnologia), Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense-UENF, 33p.
- Toledo, L. O.; Pereira, M. G.; Menezes, C. E. G. (2002). Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. *Ciência Florestal* 12(2): 9-16.

- Toni, L. R. M.; Santana, H.; Zaia, C. T. B. V.; Zaia, D. A. M. (2009). Seasonal and depth effects on some parameters of a forest soil. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas* 30(1): 19-32.
- Torsvik, T. e Øvreås, L. (2002). Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. *Current Opinion in Microbiology* 5: 240-245.
- Tripathi, O. P.; Pandey, H. N.; Tripathi, R. S. (2009). Litter production, decomposition and physico-chemical properties of soil in 3 developed agroforestry systems of Meghalaya, Northeast India. *African Journal of Plant Science* 3(8): 160-167.
- Turner, J. e Lambert, M. J. (2002). Litterfall and forest floor dynamics in *Eucalyptus pilularis* forests. *Austral Ecology* 27: 192-199.
- Turner, J. e Lambert, M. J. (2011). Analysis of nutrient depletion in a radiata pine plantation. *Forest Ecology and Management* 262: 1327-1336.
- Valenti, M. W.; Cianciaruso, M. V.; Batalha, M. A. (2008). Seasonality of litterfall and leaf decomposition in a Cerrado site. *Brazilian Journal of Biology* 68(3): 459-465.
- Valpassos, M. A. R.; Maltoni, K. L.; Cassiolato, A. M. R.; Nahas, E. (2007). Recovery of soil microbiological properties in a degraded area planted with *Corymbia citriodora* and *Leucaena leucocephala*. *Scientia Agricola* 64(1): 68-72.
- Van Achterberg, K. (1991) (ed.). *The insects of Australia*. 2 ed. New York: Cornell University Press. v. 1 e v. 2.
- Vasconcelos, H. L. e Laurance, W. F. (2005). Influence of habitat, litter type, and soil invertebrates on leaf-litter decomposition in a fragmented Amazonian landscape. *Oecologia* 144: 456-462.
- Vasconcelos, H. L. e Luizão, F. J. (2004). Litter production and litter nutrient concentrations in a fragmented Amazonian landscape. *Ecological Applications* 14(3): 884-892.
- Vellend, M.; Lechowicz, M. J.; Waterway, M. J. (2000). Germination and establishment of forest sedges (*Carex*, Cyperaceae): tests for home-site advantage and effects of leaf litter. *American Journal of Botany* 87(10): 1517-1525.
- Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R.; Lima, J. C. A. (1991). *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE. 124 p.
- Vendrami, J. L.; Jurinitz, C. F.; Castanho, C. T.; Lorenzo, L.; Oliveira, A. A. (2012). Litterfall and leaf decomposition in forest fragments under different successional phases on the Atlantic Plateau of the state of Sao Paulo, Brazil. *Biota Neotropica* 12(3): 136-143.

- Vezzani, F. M.; Tedesco, M. J.; Barros, N. F. (2001). Alterações dos nutrientes no solo e nas plantas em consórcio de eucalipto e acácia negra. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 25: 225-231.
- Vieira, I. G. (2004). *Estudos de caracteres silviculturais e de produção de óleo essencial de progêneses de Corymbia citriodora (Hook) K. D. Hill e L. A. S. Johnson procedente de Anhembi SP - Brasil, ex. Atherton QLD - Austrália*. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais), Piracicaba-SP, Universidade de São Paulo-USP, 100p.
- Villalobos-Vega, R.; Goldstein, G.; Haridasan, M.; Franco, A. C.; Miralles-Wilhelm, F.; Scholz, F. G.; Bucci, S. J. (2011). Leaf litter manipulations alter soil physicochemical properties and tree growth in a Neotropical savanna. *Plant Soil* 346: 385-397.
- Villela, D. M. e Proctor, J. (1999). Litterfall mass, chemistry and nutrient retranslocation in a monodominant forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. *Biotropica* 31(2): 198-211.
- Villela, D. M. e Proctor, J. (2002). Leaf litter decomposition and monodominance in the Peltogyne forest of Maracá Island, Brazil. *Biotropica* 34(3): 334-347.
- Villela, D. M.; Nascimento, M. T.; Aragão, L. E. O. C.; Gama, D. M. (2006). Effect of selective logging on forest structure and nutrient cycling in a seasonally dry Brazilian Atlantic forest. *Journal of Biogeography* 33(3): 506-516.
- Villela, D. M.; Nascimento, M. T.; Mazurec, A. P.; Gonçalves, G. M.; Rezende, C. E. (2001). Soil chemical properties under *Eucalyptus citriodora* plantations of different ages after 9-year period of abandonment in União Biological Reserve, Rio de Janeiro State, Brazil. *Anais do 3rd International Conference on Land Degradation and Meeting of the IUSS Subcomission C-Soil and water Conservation*. Rio de Janeiro, RJ, Brazil. 3p.
- Villela, D. M.; Nascimento, M. T.; Rezende, C. E.; Nascimento, A. C.; Mazurec, A. P.; Tesch, E. (2004). Effects of regeneration of native species under *Eucalyptus* plantations, after 6-yr of abandonment, on nutrients concentrations and quantities of litter layer in União Biological Reserve, Rio de Janeiro State, Brazil. *Anais do 4th International Symposium Environmental Geochemistry In Tropical Countries*. Búzios, RJ, Brazil. Niterói: UFF/Programa de Geoquímica, p. 202-205.
- Vital, A. R. T.; Guerrini, I. A.; Franken, W. K.; Fonseca, R. C. B. (2004). Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. *Revista Árvore* 28(6): 793-800.

- Vitti, A. M. S. e Brito, J. O. (2003). Óleo essencial de eucalipto. *Documentos Florestais* (17): 1-26.
- Vitousek, P. M. (1982). Nutrient cycling and nutrient use efficiency. *The American Naturalist* 119(4): 553-572.
- Vitousek, P. M. (2004). *Nutrient cycling and limitation: Hawai'i as a model system*. Princeton University Press. 232p.
- Vitousek, P. M. e Reiners, W. A. (1975). Ecosystem succession and nutrient retention: a hypothesis. *BioScience* 25: 376-381.
- Vitousek, P. M. e Sanford, R. L. (1986). Nutrient cycling in moist tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 17: 137-167.
- Vogel, H. L. M.; Schumacher, M. V.; Trüby, P. (2012). Deposição de serapilheira e nutrientes por espécies nativas em uma floresta estacional decidual em Itaara, RS, Brasil. *Floresta* 42(1): 129-136.
- Vogel, H. L. M.; Schumacher, M. V.; Trüby, P.; Vuaden, E. (2007). Avaliação da devolução de serapilheira em uma Floresta Estacional Decidual em Itaara, RS, Brasil. *Ciência Florestal* 17(3): 187-196.
- Walters, M. B. e Reich, P. B. (2000). Seed size, nitrogen supply, and growth rate affect tree seedling survival in deep shade. *Ecology* 81(7): 1887-1901.
- Wang, Q.; Wang, S.; Huang, Y. (2008). Comparisons of litterfall, litter decomposition and nutrient return in a monoculture *Cunninghamia lanceolata* and a mixed stand in southern China. *Forest Ecology and Management* 255: 1210-1218.
- Wang, Q.; Wang, S.; Xu, G.; Fan, B. (2010). Conversion of secondary broadleaved forest into Chinese fir plantation alters litter production and potential nutrient returns. *Plant Ecology* 209: 269-278.
- Wang, S.; Ruan, H.; Wang, B. (2009). Effects of soil microarthropods on plant litter decomposition across an elevation gradient in the Wuyi Mountains. *Soil Biology e Biochemistry* 41: 891-897.
- Wardle, D. A. (1995). Impacts of disturbance on detritus food-webs in agroecosystems of contrasting tillage and weed management practices. *Advances in Ecological Research*, 26: 105-185.
- Wardle, D. A. e Parkinson, D. (1991). Analyses of co-occurrence in a fungal community. *Mycological Research* 95(4): 504-507.

- Weirdt, M.; Verbeeck, H.; Maignan, F.; Peylin, P.; Poulter, B.; Bonal, D.; Ciais, P.; Steppe, K. (2012). Seasonal leaf dynamics for tropical evergreen forests in a process-based global ecosystem model. *Geoscientific Model Development* 5: 1091-1108.
- Werneck, M. S.; Pedralli, G.; Farah, L. (2001). Produção de serapilheira em três trechos de uma floresta semidecídua com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 24(2): 195-198.
- Werneck, M. S.; Sobral, M. E. G.; Rocha, C. T. V.; Landau, E. C.; Stehmann, J. R. (2011). Distribution and endemism of Angiosperms in the Atlantic Forest. *Natureza e Conservação* 9(2): 188-193.
- Wieder, R.K. e Wright, S. J. (1995). Tropical forest litter dynamics and dry season irrigation on Barro Colorado Island, Panama. *Ecology* 76(6): 1971-1979.
- Wieder, W. R.; Cleveland, C. C.; Townsend, A. R. (2009). Controls over leaf litter decomposition in wet tropical forests. *Ecology* 90(12): 3333-3341.
- Wolkovich, E. M. (2010). Nonnative grass litter enhances grazing arthropod assemblages by increasing native shrub growth. *Ecology* 91(3): 756-766.
- Wood, T. E. e Lawrence, D. (2008). No short-term change in soil properties following four-fold litter addition in a Costa Rican rain forest. *Plant Soil* 307: 113-122.
- Wood, T. E.; Lawrence, D.; Clark, D. A.; Chazdon, R. L. (2009). Rain forest nutrient cycling and productivity in response to large-scale litter manipulation. *Ecology* 90(1): 109-121.
- Wu, H.; LU, X.; Jiang, M.; Bao, X. (2009). Impacts of soil fauna on litter decomposition at different succession stages of wetland in Sanjiang Plain, China. *Chinese Geographical Science* 19(3): 258-264.
- Xiong, Y.; Xia, H.; Li, Z.; Cai, X.; Fu, S. (2008). Impacts of litter and understory removal on soil properties in a subtropical *Acacia mangium* plantation in China. *Plant Soil* 304: 179-188.
- Yang, X.; Warren, M.; Zou, X. (2007). Fertilization responses of soil litter fauna and litter quantity, quality, and turnover in low and high elevation forests of Puerto Rico. *Applied Soil Ecology* 37: 63-71.
- Yang, Y. S.; Guo, J. F.; Chen, G. S.; Xie, J. S.; Gao, R.; Li, Z.; Jin, Z. (2005). Litter production, seasonal pattern and nutrient return in seven natural forests compared with a plantation in southern China. *Forestry* 78(4): 403-415.

- Yuan, Z. Y.; Li, L. H.; Han, X. G.; Huang, J. H.; Jiang, G. M.; Wan, S. Q.; Zhang, W. H.; Chen, Q. S. (2005). Nitrogen resorption from senescing leaves in 28 plant species in a semi-arid region of northern China. *Journal of Arid Environments* 63: 191-202.
- Zaia, F. C. e Gama-Rodrigues, A. C. (2004). Ciclagem e balanço de nutrientes em povoamentos de eucalipto na região Norte Fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 28: 843-852.
- Zar, J. H. (1996). *Biostatistical Analysis*. 3 ed. New Jersey: Prentice Hall. 662p.
- Zhang, A. e Fu, S. (2009). Allelopathic effects of eucalyptus and the establishment of mixed stands of eucalyptus and native species. *Forest Ecology and Management* 258: 1391-1396.
- Zhang, D.; Zhang, J.; Yang, W.; Wu, F. (2010). Potential allelopathic effect of *Eucalyptus grandis* across a range of plantation ages. *Ecological Research* 25: 13-23.
- Zhou, G.; Guan, L.; Wei, X.; Zhang, D.; Zhang, Q.; Yan, J.; Wen, D.; Liu, J.; Liu, S.; Huang, Z.; Kong, G.; Mo, J.; Yu, Q. (2006). Litterfall production along successional and altitudinal gradients of subtropical monsoon evergreen broadleaved forests in Guangdong, China. *Plant Ecology* 188(1): 77-89.
- Zou, X. e Gonzalez, G. (1997). Changes in earthworm density and community structure during secondary succession in abandoned tropical pastures. *Soil Biology and Biochemistry* 29(314): 621-629.

ANEXOS

Anexo 1. Comparação dos valores médios dos atributos químicos do solo, entre as camadas de 0-2 cm e 2-5 cm, seguidos do respectivo desvio-padrão entre parênteses, nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) do eucalipto *Corymbia citriodora*, nos tratamentos presença (CS) e remoção (SS) de serapilheira, nas estações seca/2009 e chuvosa/2010, na Reserva Biológica União, RJ

Plant	Trat	Prof (cm)	P	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	H ⁺ + Al ⁺³	Al ⁺³	pH	Cu ⁺²	Fe ⁺²	Mn ⁺²	Zn ⁺²
			(mg kg ⁻¹)	----- (cmol _c kg ⁻¹) -----	----- (cmol _c kg ⁻¹) -----	----- (cmol _c kg ⁻¹) -----	(H ₂ O)	----- (mmol _c kg ⁻¹) -----					
Seca/2009													
PJ	CS	0-2	0,59 (0,21)	1,07 (0,18)	21,79 (6,64)	18,42 (5,88)	6,52 (0,55)	1,48 (0,72)	5,31 (0,23)	0,11 (0,01)	13,72 (1,96)	0,14 (0,03)	0,13 A (0,03)*
	CS	2-5	0,48 (0,12)	0,86 (0,11)	13,89 (5,22)	18,63 (7,54)	6,24 (0,58)	1,42 (0,79)	5,36 (0,17)	0,10 (0,02)	13,36 (1,59)	0,12 (0,03)	0,10 B (0,01)*
	SS	0-2	0,51 (0,17)	0,98 A (0,13)	11,44 (5,75)	12,83 (4,02)	4,16 (0,39)	1,66 (0,71)	5,17 (0,14)	0,10 (0,01)	8,69 (1,54)	0,12 (0,04)	0,08 (0,01)
	SS	2-5	0,35 (0,09)	0,69 B (0,13)	5,92 (2,11)	12,41 (4,19)	4,27 (0,32)	1,76 (0,62)	5,16 (0,13)	0,10 (0,01)	8,84 (0,81)	0,09 (0,03)	0,08 (0,01)
PM	CS	0-2	0,63 (0,13)	0,80 (0,27)	nd	nd	7,27 A (0,61)	4,36 (0,34)	4,23 (0,07)	0,12 (0,03)	3,70 (0,49)	1,10 (0,39)	0,07 (0,02)
	CS	2-5	0,53 (0,02)	0,60 (0,18)	nd	nd	5,14 B (0,68)	4,20 (0,46)	4,26 (0,08)	0,13 (0,02)	3,47 (0,56)	0,78 (0,25)	0,06 (0,01)
	SS	0-2	0,36 A (0,06)	0,55 (0,31)	nd	nd	4,57 (0,59)	3,50 (0,82)	4,63 (0,14)	0,11 (0,04)	2,84 (0,93)	0,50 (0,11)	0,05 (0,02)
	SS	2-5	0,25 B (0,07)	0,55 (0,23)	nd	nd	4,68 (0,98)	3,58 (0,76)	4,54 (0,14)	0,12 (0,06)	2,39 (0,45)	0,34 (0,15)	0,04 (0,03)
Chuvosa/2010													
PJ	CS	0-2	0,65 (0,16)	1,03 A (0,11)	14,25 (6,59)	14,37 (3,21)	3,64 (0,51)	2,44 (1,09)	5,13 (0,10)	0,10 (0,02)	14,08 (2,78)	0,16 (0,04)	0,12 A (0,02)
	CS	2-5	0,62 (0,16)	0,84 B (0,08)	11,75 (4,98)	13,87 (3,18)	4,00 (0,50)	2,85 (1,04)	5,17 (0,16)	0,09 (0,01)	12,15 (2,17)	0,12 (0,02)	0,09 B (0,01)
	SS	0-2	0,70 (0,16)	0,89 A (0,09)	6,04 (3,14)	11,60 (4,00)	3,57 (0,45)	2,98 (0,60)	5,12 (0,13)	0,06 (0,01)	6,17 (0,60)	0,05 (0,02)	0,05 (0,01)
	SS	2-5	0,68 (0,25)	0,67 B (0,06)	4,34 (1,51)	12,02 (3,10)	3,34 (0,34)	2,88 (0,73)	5,15 (0,25)	0,06 (0,01)	5,95 (0,78)	0,04 (0,01)	0,05 (0,01)
PM	CS	0-2	1,23 (0,31)	0,59 (0,20)	nd	nd	5,81 (0,85)	4,80 (0,48)	5,02 (0,01)	0,06 (0,02)	3,38 (1,03)	1,19 (0,53)	0,05 A (0,02)
	CS	2-5	1,00 (0,19)	0,40 (0,09)	nd	nd	5,13 (0,71)	4,62 (0,36)	5,01 (0,01)	0,06 (0,02)	3,65 (0,93)	0,76 (0,38)	0,02 B (0,01)
	SS	0-2	0,71 (0,09)	0,35 A (0,01)	nd	nd	4,32 A (0,39)	3,62 A (0,28)	4,65 (0,03)	0,07 (0,01)	2,11 (0,35)	0,46 A (0,06)	nd
	SS	2-5	0,64 (0,06)	0,33 B (0,01)	nd	nd	3,58 B (0,34)	2,22 B (0,41)	4,57 (0,07)	0,06 (0,01)	2,49 (0,82)	0,32 B (0,10)	nd

Valores seguidos por letras diferentes, dentro do mesmo tratamento de serapilheira e mesmo plantio, indicam diferenças significativas entre as camadas nas profundidades de 0-2 cm e 2-5 cm de solo superficial ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre as profundidades de 0-2 cm e 2-5 cm. nd = não-detectável.

Anexo 2. Exemplo do resultado do teste estatístico ANOVA *One-Way*, teste de Levene, para os resíduos dos valores da média geral dos atributos químicos do solo superficial dos plantios de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ, na estação chuvosa/2008.

STATISTICA - [SoloChuvosa08ResiduosMediaGeraJanaina - Levene's Test for Homogeneity of Variances (SoloChuvosa08ResiduosMediaGeraJanaina)]

File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Workbook Window Help

SoloChuvosa08F
 Basic Statisti
 ANOVA (Sok
 ANOVA F
 Lever

Levene's Test for Homogeneity of Variances (SoloChuvosa08ResiduosMediaGeraJanaina)
 Effect: TRAT
 Degrees of freedom for all F's: 1, 8

	MS Effect	MS Error	F	p
ErropHMG	0,629508	0,055542	11,33382	0,009835
ErroHAIMG	0,002059	0,012203	0,16874	0,692016
ErroAIMG	0,008688	0,050281	0,17280	0,688563
ErroPMG	0,058190	0,045570	1,27694	0,291209
ErroKMG	0,003094	0,003185	0,97134	0,353212
ErroNaMG	0,008531	0,001278	6,67725	0,032412

Anexo 3. Exemplo do resultado do teste estatístico t de Student, para comparar os valores da média geral da concentração de micronutrientes no solo superficial dos plantios de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ, na estação seca/2009.

STATISTICA - [TesteMediaSoloSeca09MediaGeralMicro - T-tests; Grouping: TRAT (TesteMediaSoloSeca09MediaGeralMicro)]

File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Workbook Window Help

TesteMediaSolo: Basic Statistics T-test for T-test

T-tests; Grouping: TRAT (TesteMediaSoloSeca09MediaGeralMicro)
Group 1: CS
Group 2: SS

Variable	Mean CS	Mean SS	t-value	df	p	Valid N CS	Valid N SS	Std.Dev. CS	Std.Dev. SS	F-ratio Variances	p Variances
CuMG	0,09852	0,101737	-0,575687	8	0,580655	5	5	0,010065	0,007423	1,838475	0,569794
FeMG	11,72555	8,738831	5,301507	8	0,000727	5	5	1,053180	0,691195	2,321690	0,434653
MnMG	0,11256	0,094570	1,241577	8	0,249559	5	5	0,020279	0,025273	1,553215	0,680075
ZnMG	0,09471	0,075189	2,954316	8	0,018305	5	5	0,012723	0,007512	2,868953	0,331765

Anexo 4. Exemplo do resultado do teste estatístico não-paramétrico de Mann-Whitney, para comparar os valores médios dos atributos químicos do solo superficial do Plantio Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ, na estação chuvosa/2010

STATISTICA - TestesMediasSoloChuvosa10CSxSS - [Mann-Whitney U Test (TestesMediasSoloChuvosa10CSxSS)] - [TestesMediasSoloChuvosa10CSxSS - Mann-Whitney U Test]

File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Workbook Window Help

Add to Workbook Add to Report

TestesMediasSol

- Basic Statisti
- Nonparamet
- Nonparar
- Mann

Mann-Whitney U Test (TestesMediasSoloChuvosa10CSxSS)
By variable TRAT
Marked tests are significant at $p < ,05000$

variable	Rank Sum CS	Rank Sum SS	U	Z	p-level	Z adjusted	p-level	Valid N CS	Valid N SS	2*1sided exact p
pHPM0-5	40,00000	15,00000	0,000000	2,611165	0,009024	2,619114	0,008816	5	5	0,007937
HAIPM0-5	40,00000	15,00000	0,000000	2,611165	0,009024	2,611165	0,009024	5	5	0,007937
PPM0-5	40,00000	15,00000	0,000000	2,611165	0,009024	2,611165	0,009024	5	5	0,007937
KPM0-5	40,00000	15,00000	0,000000	2,611165	0,009024	2,611165	0,009024	5	5	0,007937
NaPM0-5	40,00000	15,00000	0,000000	2,611165	0,009024	2,611165	0,009024	5	5	0,007937
KPM5-10	40,00000	15,00000	0,000000	2,611165	0,009024	2,611165	0,009024	5	5	0,007937
NaPM5-10	33,00000	22,00000	7,000000	1,148913	0,250593	1,148913	0,250593	5	5	0,309524

Anexo 5. Valores de concentrações médias de macronutrientes, acidez extraível, Al e valores de pH do solo superficial, em duas camadas (0-5 e 5-10 cm), seguidos do respectivo desvio-padrão entre parênteses, nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) do eucalipto *Corymbia citriodora*, nos tratamentos presença (CS) e remoção (SS) de serapilheira, nas estações seca/2008 e chuvosa/2008, na Reserva Biológica União, RJ

Plantio	Prof (cm)	P		K		Ca		Mg		Acidez extraível		Al		pH	
		---(mg kg ⁻¹)---		-----		-----		-----		-----		-----		---(H ₂ O)---	
		CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS
Seca/2008															
PJ	0-5	1,79 Aa (0,68)	0,60 B (0,20)	0,96 (0,18)	0,85 (0,09)	11,42 (6,84)	11,36 (4,05)	11,41 (2,75)	12,11 (2,86)	3,30 a (0,58)	3,27 (0,51)	1,92 a (0,61)	2,02 (0,75)	4,51 (0,25)	4,02 (1,03)
	5-10	1,89 A (0,83)	0,31 B (0,16)	0,83 Aa (0,14)	0,62 B (0,07)	10,70 (6,37)	7,58 (3,46)	14,70 (5,02)	10,93 (2,47)	3,52 Aa (0,27)	3,09 B (0,22)	2,06 a (0,80)	2,02 (0,59)	4,96 a (0,50)	4,19 (1,21)
	Média PJ	1,84 a (0,07)	0,46 (0,21)	0,90 (0,09)	0,74 (0,16)	11,06 (6,61)	9,47 (2,67)	13,06 (3,89)	11,52 (0,83)	3,41 a (0,43)	3,18 (0,13)	1,99 a (0,71)	2,02 (0,00)	4,74 a (0,38)	4,11 (0,12)
PM	0-5	5,11 Ab (1,00)	0,63 B (0,30)	0,87 A (0,08)	0,25 B (0,10)	nd	nd	nd	nd	5,92 Ab (0,44)	4,61 B (0,60)	5,17 Ab (0,66)	4,06 B (0,65)	3,61 (0,87)	4,19 (0,61)
	5-10	1,14 A (0,75)	0,25 B (0,06)	0,63 Ab (0,09)	0,21 B (0,01)	nd	nd	nd	nd	4,64 b (0,73)	4,62 (0,40)	4,22 b (0,53)	3,52 (0,54)	3,61 b (0,70)	3,95 (0,65)
	Média PM	3,13 b (0,88)	0,44 (0,27)	0,75 (0,08)	0,23 (0,03)	-	-	-	-	5,28 b (0,59)	4,62 (0,01)	4,70 b (0,60)	3,79 (0,38)	3,61 b (0,79)	4,07 (0,17)
Média Geral	2,48 A (1,11)	0,45 B (1,42)	0,82 A (0,19)	0,48 B (0,16)	11,06 (6,32)	9,47 (3,61)	13,05 (3,49)	11,52 (2,57)	4,34 A (0,30)	3,90 B (0,20)	3,34 (0,45)	2,90 (0,35)	4,17 (0,53)	4,09 (0,73)	
Chuvosa/2008															
PJ	0-5	6,44 Aa (1,13)	0,94 B (0,60)	0,91 (0,33)	0,79 (0,13)	15,44 (9,92)	15,61 (6,60)	17,55 (5,43)	14,67 (4,16)	3,63 a (0,80)	2,90 (0,49)	1,79 a (0,65)	1,52 (0,91)	5,29 a (0,19)	5,41 (0,15)
	5-10	3,25 Aa (0,83)	1,12 B (0,76)	0,81 A (0,11)	0,60 B (0,07)	13,88 (5,91)	12,99 (5,77)	15,25 (1,94)	14,43 (4,11)	3,01 a (0,31)	2,71 (0,43)	1,38 a (0,64)	1,73 (0,80)	5,25 a (0,24)	4,60 (1,32)
	Média PJ	4,85 a (0,98)	1,03 (0,13)	0,86 (0,22)	0,70 (0,13)	14,71 (7,92)	14,30 (1,85)	16,40 (3,69)	14,55 (0,17)	3,32 a (0,56)	2,81 (0,13)	1,59 a (0,64)	1,63 (0,15)	5,27 a (0,22)	5,01 (0,57)
PM	0-5	1,62 b (0,22)	1,21 (0,38)	1,04 A (0,19)	0,78 B (0,09)	nd	nd	nd	nd	5,54 Ab (0,60)	4,51 B (0,51)	4,82 Ab (0,63)	4,00 B (0,22)	4,17 Ab (0,10)	4,44 B (0,05)
	5-10	1,38 Ab (0,15)	0,71 B (0,18)	0,80 A (0,13)	0,61 B (0,07)	nd	nd	nd	nd	5,04 b (0,56)	4,54 (0,59)	4,34 b (0,49)	3,82 (0,25)	4,30 Ab (0,07)	4,42 B (0,04)
	Média PM	1,50 b (0,19)	0,96 (0,35)	0,92 (0,16)	0,70 (0,12)	-	-	-	-	5,29 b (0,58)	4,53 (0,02)	4,58 b (0,56)	3,91 (0,13)	4,23 b (0,09)	4,43 (0,01)
Média Geral	3,17 A (1,20)	0,99 B (0,32)	0,89 A (0,15)	0,69 B (0,08)	14,66 (7,53)	14,30 (6,17)	16,40 (3,62)	14,55 (4,10)	4,31 A (0,42)	3,67 B (0,91)	3,08 (0,47)	2,77 (0,39)	4,75 (0,21)	4,72 (0,26)	

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes, na mesma linha e na mesma profundidade, indicam diferenças significativas entre CS e SS ($p \leq 0,05$). Valores seguidos por letras minúsculas diferentes, na mesma coluna e na mesma profundidade, indicam diferenças significativas entre PJ e PM ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS, e entre PJ e PM. nd = não-detectável.

Anexo 6. Valores de concentrações médias de macronutrientes, acidez extraível, Al e valores de pH do solo superficial, em duas camadas (0-5 e 5-10 cm), seguidos do respectivo desvio-padrão entre parênteses, nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) do eucalipto *Corymbia citriodora*, nos tratamentos presença (CS) e remoção (SS) de serapilheira, nas estações seca/2009 e chuvosa/2010, na Reserva Biológica União, RJ

Plantio	Prof (cm)	P ---(mg kg ⁻¹)---		K -----		Ca -----		Mg -----		Acidez extraível -----		Al -----		pH ---(H ₂ O)---	
		CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS
Seca/2009															
PJ	0-5	0,54 (0,16)	0,43 (0,13)	0,96 A (0,15)	0,84 B (0,13)	17,84 A (3,19)	8,68 B (3,79)	18,53 (6,69)	12,62 (4,02)	6,38 A (0,52)	4,21 B (0,26)	1,45 a (0,74)	1,71 (0,65)	5,33 a (0,20)	5,17 (0,13)
	5-10	0,25 a (0,09)	0,28 (0,09)	0,69 A (0,06)	0,57 B (0,11)	18,93 A (6,99)	3,48 B (1,97)	17,02 (4,32)	11,53 (5,11)	6,10 Aa (0,54)	4,13 B (0,62)	1,56 a (0,74)	1,84 (0,65)	5,28 a (0,24)	5,11 (0,10)
	Média PJ	0,40 (0,21)	0,36 (0,11)	0,83 (0,19)	0,71 (0,19)	18,39 (0,77)	6,08 (3,68)	17,78 (1,07)	12,08 (0,77)	6,24 a (0,20)	4,17 (0,06)	1,51 (0,08)	1,78 (0,09)	5,31 (0,04)	5,14 (0,04)
PM	0-5	0,58 A (0,06)	0,31 B (0,06)	0,73 (0,21)	0,61 (0,18)	nd	nd	nd	nd	6,20 A (0,64)	4,62 B (0,74)	4,28 Ab (0,40)	3,54 B (0,42)	4,24 Ab (0,05)	4,58 B (0,14)
	5-10	0,39 b (0,06)	0,30 (0,08)	0,55 (0,25)	0,53 (0,21)	nd	nd	nd	nd	4,56 b (0,43)	4,45 (0,41)	4,18 Ab (0,54)	3,54 B (0,27)	4,32 Ab (0,08)	4,55 B (0,13)
	Média PM	0,49 (0,13)	0,31 (0,01)	0,67 (0,19)	0,54 (0,22)	-	-	-	-	5,38 b (1,16)	4,54 (0,12)	4,23 b (0,07)	3,54 (0,00)	4,28 b (0,06)	4,57 (0,02)
	Média Geral	0,44 A (0,08)	0,33 B (0,23)	0,83 A (0,11)	0,71 B (0,12)	18,38 A (4,78)	6,08 B (2,75)	17,78 (1,07)	12,08 (0,77)	5,81 A (0,82)	4,35 B (0,31)	2,87 (0,40)	2,66 (0,31)	4,79 (0,09)	4,85 (0,17)
Chuvosa/2010															
PJ	0-5	0,63 a (0,14)	0,69 (0,17)	0,94 Aa (0,09)	0,78 B (0,05)	13,00 A (5,78)	5,19 B (2,27)	14,12 (3,19)	11,81 (3,51)	3,82 a (0,47)	3,45 (0,38)	2,64 a (1,05)	2,93 (0,66)	5,15 (0,12)	5,13 (0,18)
	5-10	0,46 Aa (0,10)	0,28 B (0,10)	0,70 Aa (0,10)	0,56 B (0,05)	10,53 A (3,61)	4,39 B (1,91)	12,79 (2,92)	12,05 (4,17)	3,40 a (0,49)	3,17 (0,27)	2,44 a (0,46)	2,62 (0,43)	5,26 (0,24)	5,13 (0,17)
	Média PJ	0,55 (0,12)	0,49 (0,29)	0,82 a (0,17)	0,67 (0,16)	11,77 (1,75)	4,79 (0,57)	13,46 (0,94)	11,93 (0,97)	3,61 a (0,30)	3,31 (0,20)	2,54 a (0,14)	2,78 (0,22)	5,21 (0,08)	5,13 (0,00)
PM	0-5	1,11 Ab (0,18)	0,68 B (0,06)	0,49 Ab (0,15)	0,34 B (0,01)	nd	nd	nd	nd	5,47 Ab (0,74)	3,95 B (0,28)	4,71 Ab (0,39)	2,92 B (0,33)	5,01 A (0,01)	4,61 B (0,04)
	5-10	0,81 Ab (0,13)	0,54 B (0,06)	0,36 Ab (0,00)	0,32 B (0,01)	nd	nd	nd	nd	4,68 Ab (0,35)	3,60 B (0,53)	4,00 Ab (0,38)	2,34 B (0,50)	5,01 A (0,01)	4,60 B (0,07)
	Média PM	0,96 (0,21)	0,61 (0,10)	0,43 b (0,09)	0,33 (0,01)	-	-	-	-	5,08 b (0,56)	3,78 (0,25)	4,36 b (0,50)	2,63 (0,41)	5,01 (0,00)	4,61 (0,01)
	Média Geral	0,75 A (0,14)	0,55 B (0,08)	0,62 A (0,08)	0,50 B (0,02)	11,76 A (4,66)	4,79 B (1,96)	13,45 (2,99)	11,93 (3,83)	4,34 A (0,55)	3,54 B (0,31)	3,45 A (0,59)	2,70 B (0,42)	5,11 A (0,15)	4,87 B (0,09)

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes, na mesma linha e na mesma profundidade, indicam diferenças significativas entre CS e SS ($p \leq 0,05$). Valores seguidos por letras minúsculas diferentes, na mesma coluna e na mesma profundidade, indicam diferenças significativas entre PJ e PM ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS, e entre PJ e PM. nd = não-detectável.

Anexo 7. Valores de concentrações médias de micronutrientes do solo superficial, em duas camadas (0-5 e 5-10 cm), seguidos do respectivo desvio-padrão entre parênteses, nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) do eucalipto *Corymbia citriodora*, nos tratamentos presença (CS) e remoção (SS) de serapilheira, nas estações seca/2009 e chuvosa/2010, na Reserva Biológica União, RJ

Plantio	Prof (cm)	Cu		Fe		Mn		Zn	
		CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS
Seca/2009									
PJ	0-5	0,10 a	0,10	13,54 Aa	8,77 B	0,13 a	0,10	0,11 Aa	0,08 B
		(0,01)	(0,01)	(1,51)	(1,00)	(0,02)	(0,03)	(0,02)	(0,01)
	5-10	0,09 a	0,11	9,91 Aa	8,71 B	0,10 a	0,09	0,08 a	0,07
		(0,01)	(0,01)	(0,65)	(0,63)	(0,02)	(0,02)	(0,01)	(0,01)
	Média PJ	0,10 a	-	11,73 a	-	0,12 a	-	0,10 a	-
		(0,01)		(2,57)		(0,02)		(0,02)	
PM	0-5	0,13 b	0,12	3,59 Ab	2,62 B	0,94 Ab	0,42 B	0,07 Ab	0,04 B
		(0,01)	(0,04)	(0,48)	(0,64)	(0,24)	(0,13)	(0,01)	(0,03)
	5-10	0,15 b	0,12	3,20 b	2,79	0,44 Ab	0,25 B	0,06 Ab	0,03 B
		(0,03)	(0,05)	(0,59)	(0,63)	(0,13)	(0,09)	(0,01)	(0,01)
	Média PM	0,14 b	-	3,40 b	-	0,69 b	-	0,07 b	-
		(0,01)		(0,28)		(0,35)		(0,01)	
	Média Geral	0,12	0,11	7,56 A	5,72 B	0,40	0,22	0,22 A	0,06 B
		(0,03)	(0,01)	(5,03)	(3,49)	(0,39)	(0,16)	(0,02)	(0,02)
Chuvosa/2010									
PJ	0-5	0,09 Aa	0,06 B	13,11 Aa	6,06 B	0,14 Aa	0,04 B	0,11 Aa	0,05 B
		(0,01)	(0,01)	(2,03)	(0,64)	(0,03)	(0,01)	(0,02)	(0,01)
	5-10	0,10 Aa	0,07 B	9,95 Aa	5,51 B	0,09 Aa	0,04 B	0,07 Aa	0,05 B
		(0,02)	(0,01)	(1,07)	(0,93)	(0,01)	(0,01)	(0,00)	(0,01)
	Média PJ	0,10 a	-	11,53 a	-	0,12 a	-	0,09 a	-
		(0,01)		(2,23)		(0,04)		(0,03)	
PM	0-5	0,06 b	0,06	3,52 Ab	2,30 B	0,98 Ab	0,39 B	0,03 b	nd
		(0,02)	(0,01)	(0,97)	(0,53)	(0,45)	(0,07)	(0,01)	
	5-10	0,07 b	0,06	3,85 Ab	2,26 B	0,44 b	0,26	0,01 b	nd
		(0,02)	(0,02)	(0,98)	(0,59)	(0,17)	(0,07)	(0,00)	
	Média PM	0,07 b	-	3,69 a	-	0,71 b	-	0,02 b	-
		(0,01)		(0,23)		(0,38)		(0,01)	
	Média Geral	0,08 A	0,06 B	7,61 Ab	4,03 B	0,41 A	0,18 B	0,06 A	0,05 B
		(0,02)	(0,01)	(4,71)	(2,04)	(0,41)	(0,17)	(0,04)	(0,00)

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes, na mesma linha e na mesma profundidade, indicam diferenças significativas entre CS e SS ($p \leq 0,05$). Valores seguidos por letras minúsculas diferentes, na mesma coluna e na mesma profundidade, indicam diferenças significativas entre PJ e PM ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS, e entre PJ e PM. nd = não-detectável.

Anexo 8. Valores de concentrações médias de C, N, razão C/N, e concentrações médias de K, Ca e Mg, seguidos do respectivo desvio-padrão entre parênteses, em folhas verdes maduras de indivíduos de espécies nativas de Mata Atlântica na regeneração natural, em diferentes estágios de crescimento (plântula, jovem e adulto), em plantios de *Corymbia citriodora*, nos tratamentos com serapilheira (CS) e remoção da serapilheira (SS), na estação chuvosa/2008, na Reserva Biológica União, RJ

Espécie	Estágio	C				N				CN				K				Ca				Mg									
		-----%-----								------(g kg ⁻¹)-----																					
Chuvosa/2008																															
		CS		SS		CS		SS		CS		SS		CS		SS		CS		SS											
<i>Myrsine coriacea</i>	jovem	46,33	45,63	1,99	2,00	23	23	16,39	A	10,78	B	5,54	5,20	2,27	2,28	(1,60)	(2,00)	(0,17)	(0,32)	(1)	(3)	(3,02)	(2,73)	(0,94)	(0,63)	(0,22)	(0,70)				
<i>Cupania oblongifolia</i>	jovem	46,07	46,55	1,81	2,03	26	23	11,17	A	19,23	B	3,34	A	1,45	B	6,49	5,06	(1,13)	(0,76)	(0,22)	(0,06)	(3)	(0)	(2,92)	(4,54)	(1,37)	(0,22)	(1,77)	(0,13)		
	adulto	45,92	46,56	2,01	2,06	23	23	16,39		17,77		2,57	2,41	6,43	6,15	(1,84)	(1,49)	(0,34)	(0,19)	(3)	(2)	(6,25)	(6,36)	(0,89)	(0,92)	(1,41)	(1,45)				
<i>Siparuna guianensis</i>	plântula	46,03	43,75	1,93	2,44	24	18	26,82		29,12		2,35	1,57	5,24	3,92	(1,71)	(1,73)	(0,29)	(0,23)	(3)	(1)	(2,77)	(4,91)	(0,74)	(0,49)	(1,42)	(0,46)				
	jovem	43,15	43,98	2,27	2,20	19	20	27,27		29,75		2,21	2,95	4,78	5,14	(0,82)	(0,32)	(0,18)	(0,15)	(1)	(1)	(3,44)	(2,11)	(0,72)	(0,88)	(0,57)	(0,44)				
	adulto	44,38	44,33	5,42	5,49	8	8	19,18		21,22		6,88	2,69	6,08	5,69	(0,97)	(0,70)	(0,15)	(0,14)	(0)	(0)	(2,56)	(4,19)	(3,37)	(1,05)	(0,77)	(0,96)				
<i>Xylopia sericea</i>	plântula	46,97	A	47,60	B	1,95	A	2,12	B	24	23	12,35	14,04	5,94	A	2,68	B	2,45	2,23	(0,16)	(0,55)	(0,12)	(0,14)	(2)	(1)	(1,06)	(1,76)	(1,44)	(1,03)	(0,16)	(0,38)
	jovem	46,32		47,29		1,93		1,89		26	25	11,00	12,28	5,81	A	3,13	B	2,97	2,58	(1,44)	(0,48)	(0,31)	(0,24)	(3)	(3)	(1,31)	(1,34)	(0,65)	(0,81)	(0,53)	(0,37)
	adulto	45,16		47,58		1,73		2,29		29	21	10,70	10,80	5,35		5,28		2,80	2,90	(1,95)	(1,06)	(0,52)	(0,46)	(7)	(3)	(0,74)	(2,33)	(1,33)	(1,38)	(0,47)	(0,56)
	Média Geral	45,59		45,92		2,34		2,50		22	20	16,81	18,33	4,44	A	3,04	B	4,39	3,99	(1,18)	(1,56)	(1,17)	(1,13)	(6)	(5)	(1,58)	(3,96)	(1,46)	(0,65)	(1,02)	(0,82)

Valores seguidos por letras diferentes, na mesma linha, indicam diferenças significativas entre os tratamentos CS e SS pelo Teste t ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS.

Anexo 9. Valores de concentrações médias de C, N, razão C/N, e concentrações médias de K, Ca e Mg, seguidos do respectivo desvio-padrão entre parênteses, em folhas verdes maduras de indivíduos de espécies nativas de Mata Atlântica na regeneração natural, em diferentes estágios de crescimento (plântula, jovem e adulto), em plantios de *Corymbia citriodora*, nos tratamentos com serapilheira (CS) e remoção da serapilheira (SS), na estação seca/2009, na Reserva Biológica União, RJ

Espécie	Estágio	C				N				C/N				P				K				Ca				Mg			
		-----%-----								----- (g kg ⁻¹) -----																			
Seca/2009																													
		CS		SS		CS		SS		CS		SS		CS		SS		CS		SS		CS		SS					
<i>Cupania oblongifolia</i>	jovem	46,12 (0,71)	46,53 (0,31)	2,10 (0,30)	2,12 (0,23)	22 (3)	22 (3)	1,06 (0,17)	1,18 (0,28)	154,39 (8,63)	132,56 (32,65)	1,29 (0,53)	1,26 (0,40)	5,02 (0,91)	3,32 (1,03)														
	adulto	46,86 (0,83)	46,14 (0,88)	2,06 (0,21)	2,40 (0,88)	23 A (2)	19 B (2)	1,09 (0,13)	0,94 (0,07)	103,95 A (15,79)	52,03 B (8,95)	2,02 (0,63)	2,41 (0,91)	5,46 (0,54)	5,50 (0,90)														
<i>Siparuna guianensis</i>	plântula	43,15 (0,90)	43,37 (1,27)	2,49 (0,46)	2,26 (0,19)	18 (3)	19 (2)	1,02 (0,19)	0,81 (0,10)	156,15 (15,52)	139,56 (19,48)	3,17 (0,89)	2,28 (0,30)	7,26 A (0,59)	4,58 B (0,62)														
	jovem	44,03 (0,48)	43,43 (0,93)	2,42 (0,25)	2,27 (0,14)	18 (2)	19 (1)	0,78 A (0,05)	0,13 B (0,07)	175,60 (4,96)	186,04 (30,60)	3,71 A (0,41)	2,90 B (0,29)	6,91 A (0,82)	5,28 B (1,01)														
	adulto	44,21 (0,78)	44,48 (0,76)	2,31 (0,17)	2,41 (0,14)	19 (2)	19 (1)	0,79 A (0,07)	0,07 B (0,02)	194,50 A (9,37)	146,29 B (11,11)	4,82 A (0,36)	2,29 B (0,63)	7,30 A (0,91)	5,07 B (0,59)														
<i>Xylopia sericea</i>	plântula	47,08 (0,25)	47,49 (0,75)	2,16 (0,18)	2,37 (0,13)	22 (2)	20 (1)	0,66 (0,07)	0,64 (0,12)	71,13 (1,60)	65,41 (7,26)	5,30 A (0,62)	3,74 B (0,91)	2,50 (0,49)	2,89 (0,43)														
	jovem	47,05 A (0,54)	44,22 B (0,86)	2,18 (0,20)	2,08 (0,16)	22 (2)	21 (1)	0,62 (0,04)	0,63 (0,04)	57,12 A (6,56)	72,73 B (5,78)	6,03 A (1,67)	2,59 B (0,37)	2,88 (0,51)	2,75 (0,29)														
	adulto	46,87 (0,29)	47,10 (0,32)	1,96 (0,18)	2,04 (0,12)	24 (2)	23 (1)	0,58 (0,04)	0,55 (0,04)	61,69 A (7,11)	20,45 B (6,07)	6,56 (1,37)	4,29 (1,16)	3,22 A (0,44)	2,56 B (0,24)														
	Média Geral	45,67 A (1,61)	45,35 B (1,66)	2,21 (0,18)	2,24 (0,15)	21 (2)	20 (2)	0,82 A (0,06)	0,62 B (0,06)	121,82 A (6,48)	101,82 B (4,38)	4,11 A (1,02)	2,72 B (0,39)	5,07 A (0,54)	3,99 B (0,35)														

Valores seguidos por letras diferentes, na mesma linha, indicam diferenças significativas entre os tratamentos CS e SS pelo Teste t ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS.

Anexo 10. Valores de concentrações médias de C, N, razão C/N, e concentrações médias de K, Ca e Mg, seguidos do respectivo desvio-padrão entre parênteses, em folhas verdes maduras de indivíduos de espécies nativas de Mata Atlântica na regeneração natural, em diferentes estágios de crescimento (plântula, jovem e adulto), em plantios de *Corymbia citriodora*, nos tratamentos com serapilheira (CS) e remoção da serapilheira (SS), na estação chuvosa/2010, na Reserva Biológica União, RJ

Espécie	Estágio	C				N		C/N		P	K		Ca		Mg	
		-----%-----				------(g kg ⁻¹)-----										
Chuvosa/2010																
		CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	
<i>Myrsine coriacea</i>	jovem	46,52 (0,43)	46,92 (0,83)	1,94 (0,22)	1,78 (0,23)	24 (3)	27 (3)	0,41 A (0,18)	0,19 B (0,08)	94,55 A (11,52)	71,91 B (8,51)	5,20 (1,34)	4,07 (1,39)	1,65 (0,43)	1,61 (0,24)	
	adulto	47,27 (1,03)	47,70 (0,89)	1,80 (0,11)	2,13 (0,26)	26 (2)	23 (3)	0,34 (0,11)	0,40 (0,17)	89,82 A (11,70)	31,66 B (8,98)	5,36 (2,34)	3,33 (1,00)	1,91 (0,88)	1,36 (0,20)	
<i>Cupania oblongifolia</i>	jovem	46,47 (0,70)	46,75 (0,18)	2,19 (0,13)	2,25 (0,41)	21 (2)	21 (4)	0,41 (0,03)	0,74 (0,30)	158,65 (11,06)	136,60 (25,58)	1,28 (0,33)	1,10 (0,13)	3,90 (0,40)	3,47 (0,59)	
	adulto	46,46 (0,51)	46,06 (0,86)	2,02 (0,41)	2,30 (0,19)	24 (5)	20 (2)	0,50 (0,15)	0,40 (0,09)	137,40 (11,48)	149,08 (21,62)	1,80 (0,29)	2,06 (0,96)	3,64 (0,74)	4,54 (1,13)	
<i>Siparuna guianensis</i>	plântula	43,72 (0,71)	43,72 (0,69)	2,45 (0,20)	2,28 (0,13)	18 (2)	19 (1)	0,20 (0,11)	0,25 (0,11)	202,05 (38,20)	204,38 (18,12)	2,15 (0,53)	1,66 (0,29)	4,48 A (0,68)	3,63 B (0,33)	
	jovem	44,15 (0,64)	44,02 (0,21)	2,45 (0,09)	2,46 (0,17)	18 (1)	18 (1)	0,26 (0,03)	0,27 (0,08)	219,01 (30,04)	208,91 (13,37)	2,85 (0,67)	1,93 (0,66)	5,27 (0,97)	4,39 (0,31)	
	adulto	44,29 (1,52)	44,71 (1,07)	2,38 (0,21)	2,47 (0,31)	19 (1)	18 (2)	0,22 (0,08)	0,26 (0,12)	182,44 (20,13)	170,32 (12,71)	3,82 (0,38)	2,68 (1,09)	6,05 (0,85)	5,47 (0,69)	
<i>Xylopia sericea</i>	plântula	46,94 (0,51)	47,18 (0,32)	2,13 (0,27)	2,23 (0,17)	22 (3)	21 (2)	0,50 A (0,03)	0,09 B (0,05)	27,43 A (5,74)	94,95 B (8,56)	4,82 A (0,98)	3,19 B (0,68)	2,76 (0,28)	2,72 (0,50)	
	jovem	47,23 (0,09)	47,10 (0,73)	2,11 (0,17)	2,12 (0,20)	22 (2)	22 (2)	0,64 A (0,01)	0,07 B (0,03)	76,44 A (9,43)	91,84 B (8,24)	6,39 A (1,74)	2,87 B (0,55)	2,90 (0,51)	2,56 (0,39)	
	adulto	47,17 (0,47)	47,51 (0,44)	2,07 (0,15)	2,11 (0,11)	23 (2)	23 (1)	0,62 A (0,03)	0,16 B (0,03)	67,84 (9,40)	59,48 (7,31)	6,71 (1,59)	5,12 (1,95)	3,12 A (0,20)	2,62 B (0,42)	
	Média Geral	45,67 (1,61)	45,35 (1,66)	2,21 (0,18)	2,24 (0,15)	21 (2)	20 (2)	0,41 A (0,04)	0,28 B (0,07)	125,56 (6,59)	121,91 (8,02)	4,04 A (0,88)	2,80 B (0,62)	3,57 (0,33)	3,24 (0,27)	

Valores seguidos por letras diferentes, na mesma linha, indicam diferenças significativas entre os tratamentos CS e SS pelo Teste t ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS.

Anexo 11. Valores de concentrações médias de Cu, Fe, Mn e Zn, seguidos do respectivo desvio-padrão entre parênteses, em folhas verdes maduras de indivíduos de espécies nativas de Mata Atlântica na regeneração natural, em diferentes estágios de crescimento (plântula, jovem e adulto), em plantios de *Corymbia citriodora*, nos tratamentos com serapilheira (CS) e remoção da serapilheira (SS), na estação chuvosa/2008, na Reserva Biológica União, RJ

Espécie	Estágio	------(mg kg ⁻¹)-----							
		Cu		Fe		Mn		Zn	
Chuvosa/2008									
		CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS
<i>Myrsine coriacea</i>	jovem	5,40	5,63	57,16	55,99	30,26	23,73	13,85	12,55
		(1,52)	(2,02)	(9,72)	(10,09)	(5,32)	(4,58)	(2,26)	(3,92)
<i>Cupania oblongifolia</i>	jovem	11,39	11,01	177,22	137,25	387,22 A	160,75 B	26,37	26,25
		(1,93)	(0,46)	(46,59)	(14,95)	(146,68)	(35,47)	(6,78)	(3,62)
	adulto	5,27	4,60	203,20	204,20	262,97	216,29	13,55	9,73
		(0,64)	(0,56)	(18,73)	(25,01)	(133,39)	(66,75)	(4,04)	(2,58)
<i>Siparuna guianensis</i>	plântula	4,18 A	2,07 B	341,52	338,56	122,99	103,40	7,32	6,50
		(0,41)	(0,24)	(113,25)	(110,11)	(42,24)	(49,43)	(1,06)	(2,87)
	jovem	8,08	7,64	55,50 A	103,46 B	166,16	224,69	15,37	19,66
		(1,30)	(0,88)	(9,73)	(17,06)	(42,50)	(72,50)	(3,23)	(2,80)
	adulto	5,02	3,79	135,01	137,86	338,04	162,73	9,14	10,13
		(1,84)	(2,12)	(47,20)	(40,78)	(179,58)	(91,94)	(3,25)	(2,65)
<i>Xylopia sericea</i>	plântula	7,76	7,01	75,01 A	256,12 B	148,62	86,65	8,51	8,57
		(2,87)	(3,29)	(23,19)	(44,69)	(51,56)	(33,44)	(2,07)	(1,86)
	jovem	4,93	2,49	107,82	107,93	145,63	108,09	5,43	4,04
		(1,07)	(1,95)	(77,69)	(36,79)	(53,78)	(26,49)	(2,51)	(1,71)
	adulto	9,73	5,54	120,72	87,47	228,76	148,67	11,45	9,10
		(1,90)	(4,10)	(45,42)	(22,90)	(58,69)	(92,10)	(1,83)	(2,00)
	Média Geral	6,81	5,51	141,46 A	158,76 B	203,41	137,22	12,30	11,87
		(0,77)	(0,70)	(41,98)	(9,32)	(66,20)	(48,49)	(1,58)	(2,07)

Valores seguidos por letras diferentes, na mesma linha, indicam diferenças significativas entre os tratamentos CS e SS pelo Teste t ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS.

Anexo 12. Valores de concentrações médias de Cu, Fe, Mn e Zn, seguidos do respectivo desvio-padrão entre parênteses, em folhas verdes maduras de indivíduos de espécies nativas de Mata Atlântica na regeneração natural, em diferentes estágios de crescimento (plântula, jovem e adulto), em plantios de *Corymbia citriodora*, nos tratamentos com serapilheira (CS) e remoção da serapilheira (SS), na estação seca/2009, na Reserva Biológica União, RJ

Espécie	Estágio	Cu		Fe		Mn		Zn	
		----- (mg kg ⁻¹) -----							
Seca/2009									
		CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS
<i>Cupania oblongifolia</i>	jovem	6,57 (1,34)	7,70 (1,79)	68,88 (14,04)	72,83 (7,95)	124,95 (18,66)	128,84 (38,18)	15,83 (1,37)	12,03 (2,93)
	adulto	6,24 (1,69)	4,93 (0,88)	96,26 A (9,25)	77,97 B (9,06)	219,36 (37,28)	163,71 (42,47)	19,19 A (2,53)	12,70 B (2,49)
<i>Siparuna guianensis</i>	plântula	4,45 A (1,44)	2,36 B (0,57)	34,85 A (4,42)	60,19 B (10,17)	172,22 A (35,59)	121,33 B (30,97)	16,69 (3,80)	11,57 (3,22)
	jovem	5,38 A (0,96)	2,07 B (0,39)	36,90 (2,71)	38,20 (3,60)	252,88 A (48,30)	181,55 B (32,33)	14,79 A (1,64)	7,13 B (2,09)
	adulto	11,16 A (2,26)	2,96 B (0,89)	76,26 A (6,64)	12,32 B (2,46)	383,91 A (64,79)	123,27 B (35,86)	15,02 A (3,27)	5,81 B (1,72)
<i>Xylopia sericea</i>	plântula	6,14 A (1,19)	8,36 B (0,48)	40,00 A (6,42)	54,58 B (8,93)	100,05 (30,86)	75,27 (19,80)	3,49 (1,25)	5,05 (1,43)
	jovem	4,47 (1,20)	6,14 (1,14)	40,99 A (8,43)	60,66 B (7,28)	233,89 A (52,22)	88,28 B (22,69)	3,39 (0,76)	4,55 (1,05)
	adulto	5,70 (1,52)	5,55 (1,49)	58,66 (18,84)	65,20 (10,27)	166,87 A (37,67)	52,93 B (8,58)	3,87 A (0,47)	2,09 B (0,55)
	Média Geral	6,26 A (0,41)	5,01 B (0,34)	56,60 (8,31)	55,24 (4,06)	206,77 A (22,91)	116,90 B (11,16)	11,53 A (1,25)	7,62 B (0,60)

Valores seguidos por letras diferentes, na mesma linha, indicam diferenças significativas entre os tratamentos CS e SS pelo Teste t ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS.

Anexo 13. Valores de concentrações médias de Cu, Fe, Mn e Zn, seguidos do respectivo desvio-padrão entre parênteses, em folhas verdes maduras de indivíduos de espécies nativas de Mata Atlântica na regeneração natural, em diferentes estágios de crescimento (plântula, jovem e adulto), em plantios de *Corymbia citriodora*, nos tratamentos com serapilheira (CS) e remoção da serapilheira (SS), na estação chuvosa/2010, na Reserva Biológica União, RJ

Espécie	Estágio	Cu		Fe		Mn		Zn	
		------(mg kg ⁻¹)-----							
Chuvosa/2010									
		CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS
<i>Myrsine coriacea</i>	jovem	3,31 (0,80)	2,95 (0,89)	3,15 A (0,42)	2,12 B (0,38)	31,08 A (3,47)	20,51 B (3,45)	5,51 A (1,54)	1,84 B (0,98)
	adulto	4,30 (1,84)	2,16 (0,28)	10,60 (0,64)	7,03 (0,78)	27,20 (4,20)	25,22 (5,56)	10,59 A (3,92)	4,00 B (0,86)
<i>Cupania oblongifolia</i>	jovem	4,08 (0,57)	0,65 (0,06)	72,33 (9,25)	66,47 (5,62)	22,05 (4,61)	15,59 (3,11)	10,29 (1,14)	16,02 (4,35)
	adulto	3,88 A (0,64)	0,77 B (0,16)	104,03 A (18,62)	37,95 B (1,76)	32,07 A (5,32)	13,04 B (2,11)	18,71 A (4,47)	11,31 B (2,42)
<i>Siparuna guianensis</i>	plântula	3,22 A (0,84)	1,62 B (0,24)	32,55 A (7,41)	84,85 B (16,75)	192,80 A (8,67)	156,44 B (18,71)	4,07 A (2,47)	9,68 B (0,92)
	jovem	5,04 A (1,00)	1,99 B (0,33)	39,18 A (7,73)	66,08 B (8,53)	234,21 A (29,70)	181,39 B (29,56)	12,92 (1,98)	10,38 (1,97)
	adulto	3,95 A (0,73)	1,86 B (0,41)	79,06 A (2,82)	36,01 B (3,64)	240,67 A (14,10)	119,11 B (20,26)	16,49 A (3,10)	8,69 B (1,87)
<i>Xylopia sericea</i>	plântula	2,18 (1,01)	1,57 (0,99)	72,40 A (8,03)	7,98 B (1,58)	86,71 A (5,17)	53,29 B (1,68)	3,35 (1,58)	2,28 (1,13)
	jovem	6,96 A (1,02)	0,88 B (0,13)	115,78 A (7,97)	10,34 B (2,96)	112,43 A (8,45)	58,41 B (1,76)	3,96 (0,85)	2,98 (0,83)
	adulto	4,15 A (0,92)	1,41 B (0,55)	157,94 A (24,24)	18,72 B (4,48)	120,62 A (8,43)	76,18 B (3,69)	4,25 (0,50)	4,07 (1,42)
	Média Geral	4,11 A (0,50)	1,59 B (0,07)	68,70 A (2,47)	33,76 B (2,42)	109,98 A (16,69)	71,92 B (6,64)	9,01 (2,16)	7,12 (0,96)

Valores seguidos por letras diferentes, na mesma linha, indicam diferenças significativas entre os tratamentos CS e SS pelo Teste t ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS.

Anexo 14. Exemplo do teste estatístico ANOVA *nested design*, para comparar o efeito da presença (CS) e remoção da serapilheira (SS) sobre a serapilheira total anual produzida no Plantio Jovem (PJ) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ

Univariate Tests of Significance for Massa (NestedTotalMassaPJ)
Over-parameterized model
Type III decomposition

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	653,5905	1	653,5905	749,4517	0,000000
Area	4,2925	1	4,2925	4,9221	0,038250
Parc(Area)	6,5415	8	0,8177	0,9376	0,508323
Error	17,4418	20	0,8721		

Anexo 15. Exemplo do resultado do teste do teste estatístico ANOVA *repeated measurement design*, para analisar a variação temporal entre os tratamentos de serapilheira (CS = com serapilheira; SS = remoção) sobre a serapilheira total anualmente produzida no Plantio Jovem (PJ) de *Corymbia citriodora*, na Reserva Biológica União, RJ

STATISTICA - [RepeatedMassaTotalPJCSxPJSS* - Repeated Measures Analysis of Variance (RepeatedTotalPJCSxPJSS)]

File Edit View Insert Format Statistics Graphs Tools Data Workbook Window Help

RepeatedMassaTot

- General Linear
 - GLM Result
 - Repeate

Repeated Measures Analysis of Variance (RepeatedTotalPJCSxPJSS)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	364,6806	1	364,6806	785,5361	0,000000
Area	2,2306	1	2,2306	4,8048	0,036859
Error	12,9988	28	0,4642		
TEMPO	217,3732	21	10,3511	36,8423	0,000000
TEMPO*Area	9,9924	21	0,4758	1,6936	0,027636
Error	165,2026	588	0,2810		

Anexo 16. Valores de concentração média de C e N totais (%), de nutrientes (mg g⁻¹) e razão C/N seguidos do respectivo desvio-padrão, em frações da serapilheira anual nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), na Reserva Biológica União, RJ.

Frações	C		N		C/N		P		K		Ca		Mg	
	-----%-----													
	(mg g ⁻¹)													
	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS
	PJ													
<i>F. Corymbia citriodora</i>	48,43 (2,82)	49,46 (0,47)	0,63 a (0,28)	0,68 (0,27)	84 a (19)	82 (26)	0,97 a (0,35)	0,95 (0,35)	3,23 Aa (2,19)	1,91 B (1,54)	17,14 Aa (2,28)	19,12 B (3,16)	3,67 a (0,52)	3,70 (0,66)
<i>F. Myrsine coriacea</i> = Total F. Espécies	47,19 (1,75)	48,05 (0,99)	1,06 a (0,31)	0,95 (0,25)	49 a (17)	54 (15)	1,77 a (1,14)	1,34 (0,50)	4,01 A (1,75)	1,25 B (0,99)	14,30 a (4,16)	12,75 (3,66)	4,87 a (1,08)	5,16 (1,13)
Nativas	45,63 (0,43)	45,22 (1,05)	0,32 (0,28)	0,35 (0,19)	255 a (1,85)	175 (96)	0,35 (0,26)	0,41 (0,25)	2,37 A (1,30)	0,71 B (0,61)	12,82 a (7,02)	12,87 (5,87)	2,10 a (0,42)	2,09 (0,55)
Madeira	48,47 (3,00)	49,21 (0,83)	1,01 a (0,56)	0,93 (0,29)	57 a (21)	57 (16)	1,20 (0,49)	0,99 (0,36)	5,23 (2,12)	4,26 (2,62)	7,25 a (1,35)	7,14 (1,58)	2,96 Aa (0,54)	2,63 B (0,52)
Resto	46,62 (1,44)	47,96 (0,19)	0,70 a (0,19)	0,65 (0,24)	116 a (52)	105 (41)	0,95 a (0,41)	0,86 (0,31)	3,71 A (1,62)	2,17 B (1,26)	12,69 a (2,14)	13,02 (1,73)	3,16 a (0,48)	3,09 (0,63)
	PM													
<i>F. Corymbia citriodora</i>	49,40 (3,04)	49,11 (2,22)	0,88 b (0,23)	0,99 (0,47)	60 b (16)	60 (26)	0,65 Ab (0,16)	0,58 B (0,11)	4,69 b (3,03)	3,95 (1,07)	8,00 Ab (1,10)	7,28 B (1,06)	3,17 b (0,53)	3,13 (0,30)
<i>F. Xylopia sericea</i>	48,03 (2,22)	46,16 (2,94)	1,50 (0,31)	1,61 (0,41)	33 (7)	30 (8)	0,56 A (0,12)	0,51 B (0,09)	3,30 (1,89)	2,37 (1,20)	14,99 (3,02)	14,53 (2,63)	6,47 (1,22)	6,09 (0,76)
<i>F. Cupania oblongifolia</i>	47,54 (1,43)	46,45 (3,56)	1,88 (0,40)	1,67 (0,43)	26 (5)	29 (8)	1,05 A (0,33)	0,84 B (0,26)	5,71 (2,89)	5,15 (3,07)	6,00 (1,84)	5,69 (1,99)	9,99 (1,67)	9,43 (2,54)
F. Outras	46,85 (2,33)	46,47 (1,53)	1,42 (0,24)	1,49 (0,45)	34 (5)	34 (10)	0,63 (0,14)	0,56 (0,11)	4,38 A (2,08)	3,13 B (1,10)	7,10 (1,99)	6,55 (1,61)	7,24 A (1,42)	6,33 B (1,10)
Total F. Espécies Nativas	47,46 A (1,19)	46,40 B (1,44)	1,59 b (0,22)	1,58 (0,30)	31 b (4)	32 (6)	0,73 Ab (0,14)	0,61 B (0,11)	4,38 A (2,07)	3,37 B (1,23)	9,54 b (1,96)	9,26 (1,47)	7,80 Ab (1,21)	7,03 B (1,02)
Madeira	45,69 (0,95)	47,52 (3,21)	0,49 A (0,28)	0,90 B (0,33)	124 Ab (72)	60 B (24)	0,30 (0,12)	0,30 (0,10)	2,48 (2,31)	1,75 (1,12)	5,07 b (1,74)	4,80 (1,33)	2,43 b (0,52)	2,59 (0,83)
Resto	48,10 (1,07)	47,26 (2,82)	1,45 b (0,68)	1,29 (0,28)	37 b (10)	38 (9)	1,25 (0,21)	1,13 (0,27)	5,95 (3,02)	4,76 (1,56)	5,60 b (1,28)	5,48 (1,33)	4,25 b (1,11)	4,09 (0,87)
Total	47,61 (0,89)	47,09 (0,95)	1,27 b (0,14)	1,32 (0,17)	52 b (12)	42 (8)	0,73 b (0,11)	0,69 (0,25)	4,38 (2,26)	3,61 (1,23)	7,86 b (1,34)	7,48 (0,97)	5,54 Ab (0,81)	5,09 B (0,72)

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes, dentro da mesma fração e plantio, indicam diferenças significativas entre CS e SS ($p \leq 0,05$). Valores seguidos por letras minúsculas diferentes, dentro da mesma fração e do tratamento CS, indicam diferenças significativas entre PJ e PM ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS, e entre PJ e PM.

Anexo 17. Valores de concentração média de C e N totais (%) e razão C/N, seguidos do respectivo desvio-padrão, em frações da serapilheira produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), agrupados em três tempos, na Reserva Biológica União, RJ.

Frações	Trat	T1 (dez/09 a mar/10)			T2 (abr a jul/10)			T3 (ago a nov/10)		
		C	N	C/N	C	N	C/N	C	N	C/N
		----(%)----			----(%)----			----(%)----		
PJ										
F. <i>Corymbia</i>	CS	48,10 (2,42)	0,57 a (0,12)	88 (19)	47,70 (4,42)	0,52 a (0,07)	93 a (7)	49,49 (0,50)	0,81 (0,43)	71 (24)
	SS	49,20 (0,34)	0,49 (0,03)	102 (6)	49,62 (0,61)	0,53 (0,09)	96 (16)	49,56 (0,50)	1,03 (0,14)	49 (7)
F. <i>Myrsine</i> = Total F. Espécies Nativas	CS	48,51 (0,22)	0,97 a (0,14)	51 a (7)	47,93 a (1,24)	1,00 a (0,39)	55 a (22)	45,07 a (0,90)	1,24 a (0,23)	37 (7)
	SS	47,87 (1,31)	1,01 (0,22)	49 (12)	48,66 (0,19)	0,72 (0,09)	68 (9)	47,40 (1,11)	1,22 (0,14)	39 (4)
Madeira	CS	45,75 (0,69)	0,22 a (0,03)	208 a (22)	45,56 (0,30)	0,10 Aa (0,03)	479 Aa (1,20)	45,58 (0,26)	0,64 (0,26)	78 a (22)
	SS	45,18 (0,95)	0,25 (0,12)	207 (79)	45,71 (1,08)	0,20 B (0,05)	241 B (85)	44,76 (1,12)	0,58 (0,04)	78 (7)
Resto	CS	49,32 (0,55)	0,77 a (0,24)	68 a (16)	47,46 (5,34)	1,11 (0,93)	60 (29)	48,64 (0,64)	1,15 (0,21)	43 (8)
	SS	49,39 (0,80)	0,88 (0,32)	62 (19)	49,17 (0,71)	0,76 (0,12)	66 (10)	49,07 (1,10)	1,17 (0,25)	44 (9)
Total	CS	47,72 (0,96)	0,52 a (0,07)	121 a (10)	47,16 (1,72)	0,68 a (0,28)	172 a (30)	44,99 (4,92)	0,91 a (0,06)	56 (10)
	SS	47,93 (0,51)	0,54 (0,11)	124 (26)	48,17 (47)	0,50 (0,05)	134 (26)	47,79 (0,60)	0,92 (0,11)	57 (4)
PM										
F. <i>Corymbia</i>	CS	50,18 (0,27)	0,73 b (0,04)	69 (3)	47,58 (4,65)	0,88 b (0,25)	59 b (24)	50,44 (2,07)	1,03 (0,26)	52 (12)
	SS	50,03 (0,53)	0,70 (0,04)	72 (4)	49,33 (2,77)	1,19 (0,61)	57 (38)	47,97 (2,55)	1,10 (0,48)	53 (26)
F. <i>Xylopia</i>	CS	48,02 (0,18)	1,35 A (0,03)	36 (1)	46,91 (0,83)	1,50 (0,48)	34 (11)	49,15 (3,67)	1,64 (0,21)	30 (4)
	SS	46,26 (3,13)	1,23 B (0,07)	38 (3)	45,88 (3,52)	1,74 (0,39)	28 (9)	46,35 (2,83)	1,86 (0,39)	26 (4)
F. <i>Cupania</i>	CS	47,77 (1,20)	1,58 (0,23)	31 (5)	46,93 (1,69)	2,17 (0,46)	22 (5)	48,01 (1,48)	1,89 (0,25)	26 (3)
	SS	47,36 (0,73)	1,62 (0,36)	30 (7)	43,72 (4,86)	1,62 (0,44)	28 (7)	39,95 (19,66)	1,53 (0,79)	25 (14)
F. Outras	CS	47,32 (1,65)	1,29 (0,15)	37 (5)	45,17 (1,79)	1,40 (0,23)	33 (4)	48,05 (2,73)	1,58 (0,27)	31 (5)
	SS	46,86 (1,38)	1,27 (0,25)	38 (8)	45,61 (1,31)	1,78 (0,40)	27 (5)	46,93 (1,80)	1,41 (0,57)	37 (13)
Total F. Espécies Nativas	CS	47,70 (0,73)	1,41 b (0,08)	34 b (2)	46,34 b (0,80)	1,69 b (0,31)	30 b (5)	48,35 b (1,06)	1,68 b (0,07)	29 (1)
	SS	46,83 (1,40)	1,37 (0,19)	35 (4)	45,07 (1,07)	1,71 (0,20)	28 (4)	47,29 (0,85)	1,65 (0,40)	32 (8)
Madeira	CS	46,36 (0,46)	0,57 b (0,10)	84 b (14)	45,77 (0,85)	0,58 b (0,36)	98 b (44)	44,95 A (0,99)	0,33 A (0,27)	191 b (88)
	SS	45,46 (1,78)	0,81 (0,26)	62 (22)	47,83 (1,89)	0,95 (0,35)	56 (19)	49,27 B (0,50)	0,96 B (0,43)	63 (35)
Resto	CS	47,72 (1,85)	1,96 b (1,03)	29 b (11)	48,05 (0,20)	1,16 (0,20)	42 (6)	48,54 (0,35)	1,24 (0,22)	40 (7)
	SS	48,16 (2,49)	1,50 (0,27)	33 (6)	47,48 (2,47)	1,12 (0,10)	43 (6)	46,14 (3,60)	1,24 (0,29)	40 (13)
Total	CS	47,89 (0,47)	1,25 b (0,17)	48 b (2)	46,73 (0,94)	1,28 b (0,17)	48 b (11)	47,42 (1,87)	1,28 b (0,10)	62 A (16)
	SS	47,36 (0,86)	1,19 (0,11)	45 (5)	46,64 (0,91)	1,40 (0,16)	40 (6)	47,27 (1,09)	1,39 (0,18)	41 B (12)

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes, dentro da mesma fração e plantio, indicam diferenças significativas entre CS e SS ($p \leq 0,05$). Valores seguidos por letras minúsculas diferentes, dentro da mesma fração e do tratamento CS, indicam diferenças significativas entre PJ e PM ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS, e entre PJ e PM.

Anexo 18. Valores de concentração média de P e K (mg g^{-1}), seguidos do respectivo desvio-padrão, em frações da serapilheira produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), agrupados em seis tempos, na Reserva Biológica União, RJ.

Frações	Trat	T1 (dez/09 + jan/10)		T2 (fev + mar/10)		T3 (abr + mai/10)		T4 (jun + jul/10)		T5 (ago + set/10)		T6 (out + nov/10)	
		P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K
----- (mg g^{-1}) -----													
PJ													
F. <i>Corymbia</i>	CS	0,82 Aa (0,07)	4,95 A (1,26)	1,03 (0,24)	6,49 a (1,57)	0,73 (0,16)	2,66 Aa (0,39)	0,68 (0,21)	2,40 Aa (0,37)	1,33 a (0,57)	2,33 (1,39)	1,21 Aa (0,05)	0,59 Aa (0,04)
	SS	1,48 B (0,36)	1,72 B (0,79)	1,20 (0,14)	4,92 (0,68)	0,89 (0,13)	0,90 B (0,66)	0,67 (0,11)	1,30 B (0,87)	0,85 (0,13)	0,89 (0,24)	0,59 B (0,04)	1,72 B (0,70)
F. <i>Myrsine</i> = Total	CS	1,18 a (0,07)	5,76 Ab (0,31)	1,07 a (0,06)	6,15 A (1,33)	0,77 (0,06)	2,94 A (0,34)	1,30 (0,73)	3,77 (1,39)	2,44 a (0,47)	2,92 (1,67)	3,28 a (1,38)	3,74 (2,29)
F. Espécies Nativas	SS	2,08 (0,42)	1,68 B (1,50)	1,49 (0,35)	1,92 B (0,25)	0,96 (0,15)	0,54 B (0,05)	0,86 (0,18)	0,28 (0,10)	1,27 (0,21)	0,53 (0,16)	1,09 (0,18)	2,33 (0,63)
Madeira	CS	0,28 A (0,05)	3,97 A (1,15)	0,69 (0,42)	3,04 A (1,13)	0,42 (0,27)	2,40 A (1,31)	0,19 (0,09)	2,10 A (0,52)	0,19 (0,08)	1,44 (0,92)	0,33 A (0,06)	1,25 (0,49)
	SS	0,71 B (0,13)	0,50 B (0,58)	0,58 (0,11)	0,96 B (0,60)	0,45 (0,19)	0,79 B (0,29)	0,39 (0,28)	0,18 B (0,14)	0,17 (0,05)	0,52 (0,65)	0,14 B (0,06)	1,30 (0,71)
Resto	CS	1,10 (0,25)	7,48 A (1,26)	1,03 (0,24)	7,37 (0,42)	0,88 (0,14)	5,63 (0,53)	0,95 (0,49)	5,04 (1,49)	1,34 (0,63)	3,28 A (1,27)	1,87 A (0,40)	2,58 (0,96)
	SS	1,52 (0,41)	4,57 B (2,22)	1,16 (0,27)	7,55 (1,05)	0,97 (0,11)	4,18 (2,44)	0,69 (0,13)	3,68 (1,92)	0,84 (0,25)	0,93 B (0,27)	0,76 B (0,14)	4,65 (2,43)
Total	CS	0,78 A (0,13)	5,46 A (0,88)	0,95 (0,20)	5,74 A (0,70)	0,70 (0,16)	3,51 A (0,68)	0,67 (0,26)	3,28 A (0,60)	1,15 (0,54)	2,48 A (0,88)	1,45 A (0,46)	1,78 (0,56)
	SS	1,39 B (0,18)	2,21 B (0,99)	1,07 (0,13)	4,12 B (0,64)	0,81 (0,10)	1,78 B (0,78)	0,62 (0,12)	1,61 B (0,59)	0,69 (0,09)	0,75 B (0,29)	0,56 B (0,07)	2,55 (1,03)
PM													
F. <i>Corymbia</i>	CS	0,70 b (0,06)	4,56 (1,28)	0,86 (0,18)	10,35 Ab (3,31)	0,61 (0,10)	3,95 b (0,71)	0,49 (0,04)	3,50 b (0,20)	0,68 b (0,09)	3,65 (0,63)	0,57 b (0,16)	2,12 Ab (0,85)
	SS	0,62 (0,07)	3,85 (0,91)	0,67 (0,10)	4,51 B (0,94)	0,50 (0,09)	3,26 (1,27)	0,48 (0,09)	4,13 (1,13)	0,66 (0,13)	4,58 (1,07)	0,53 (0,03)	3,36 B (0,76)
F. <i>Xylopia</i>	CS	0,69 A (0,11)	3,32 A (0,93)	0,62 (0,08)	6,57 A (1,73)	0,56 (0,12)	2,54 (1,03)	0,46 (0,09)	3,08 (0,39)	0,55 (0,12)	2,92 (1,13)	0,48 (0,06)	1,38 A (0,71)
	SS	0,52 B (0,07)	1,92 B (0,62)	0,55 (0,08)	1,30 B (0,81)	0,49 (0,12)	1,48 (0,99)	0,45 (0,09)	3,18 (0,42)	0,57 (0,08)	3,77 (1,19)	0,49 (0,05)	2,60 B (0,94)
F. <i>Cupania</i>	CS	0,87 (0,32)	4,89 (1,85)	1,04 (0,23)	10,50 (2,34)	1,10 (0,41)	4,27 (1,84)	0,96 (0,32)	5,77 (1,36)	1,13 (0,37)	4,91 (0,63)	1,20 (0,40)	3,29 (1,49)
	SS	0,88 (0,26)	5,82 (1,59)	0,95 (0,29)	5,63 (4,94)	0,76 (0,25)	3,34 (1,69)	0,63 (0,12)	6,19 (4,87)	1,07 (0,34)	5,97 (1,50)	0,80 (0,08)	3,72 (2,50)
F. Outras	CS	0,75 A (0,13)	4,37 (1,44)	0,63 (0,10)	7,68 A (2,11)	0,74 (0,12)	3,99 (1,05)	0,55 (0,13)	4,07 (1,09)	0,62 (0,13)	3,66 (0,57)	0,48 (0,08)	2,51 (1,79)
	SS	0,57 B (0,07)	2,89 (0,88)	0,50 (0,12)	1,44 B (0,87)	0,71 (0,09)	3,63 (1,10)	0,51 (0,11)	3,61 (0,06)	0,56 (0,11)	3,92 (0,61)	0,53 (0,05)	3,27 (0,49)
Total F. Espécies Nativas	CS	0,77 b (0,12)	4,19 (0,54)	0,76 b (0,10)	8,25 A (1,74)	0,80 (0,19)	3,60 (0,78)	0,63 (0,09)	4,14 (0,79)	0,74 b (0,17)	3,73 (0,45)	0,68 b (0,15)	2,36 (1,03)
Madeira	SS	0,66 (0,07)	3,54 (0,45)	0,63 (0,13)	2,47 B (1,47)	0,65 (0,11)	2,82 (1,07)	0,52 (0,06)	4,12 (1,74)	0,66 (0,15)	4,20 (0,95)	0,55 (0,08)	3,09 (0,72)
	CS	0,38 (0,06)	1,21 (0,78)	0,40 (0,08)	6,79 A (1,97)	0,34 (0,05)	2,66 (1,04)	0,31 (0,17)	2,30 (1,10)	0,29 (0,04)	1,46 (0,38)	0,11 A (0,03)	0,48 (0,31)
Resto	SS	0,31 (0,08)	1,67 (0,78)	0,40 (0,08)	2,24 B (2,33)	0,32 (0,07)	2,14 (0,61)	0,27 (0,17)	1,79 (0,66)	0,28 (0,06)	1,98 (0,52)	0,24 B (0,06)	0,69 (0,29)
	CS	1,39 (0,13)	7,80 (1,75)	1,34 (0,20)	10,81 A (3,65)	1,18 (0,35)	4,65 (0,98)	1,23 (0,19)	4,70 (0,83)	1,14 (0,13)	4,59 (0,86)	1,25 (0,19)	4,22 (1,24)
Total	SS	1,18 (0,24)	5,80 (2,61)	1,30 (0,20)	4,24 B (1,33)	1,18 (0,20)	5,33 (0,90)	1,09 (0,28)	4,12 (0,84)	1,13 (0,15)	5,04 (0,71)	1,08 (0,07)	4,53 (1,10)
	CS	0,78 A (0,05)	4,22 A (0,48)	0,82 A (0,08)	8,78 A (1,96)	0,76 (0,15)	3,68 (0,51)	0,66 (0,09)	3,82 (0,64)	0,72 (0,08)	3,48 A (0,26)	0,66 A (0,10)	2,31 (0,65)
Total	SS	0,68 B (0,05)	3,66 B (0,66)	0,72 B (0,08)	3,10 B (0,83)	0,66 (0,07)	3,20 (0,64)	0,57 (0,08)	3,74 (0,88)	0,68 (0,10)	4,07 B (0,38)	0,59 B (0,02)	2,96 (0,50)

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes, dentro da mesma fração e plantio, indicam diferenças significativas entre CS e SS ($p \leq 0,05$). Valores seguidos por letras minúsculas diferentes, dentro da mesma fração e do tratamento CS, indicam diferenças significativas entre PJ e PM ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS, e entre PJ e PM.

Anexo 19. Valores de concentração média de Ca e Mg (mg g^{-1}), seguidos do respectivo desvio-padrão, em frações da serapilheira produzidas nos plantios Jovem (PJ) e Maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), agrupados em seis tempos, na Reserva Biológica União, RJ.

Frações	Trat	T1 (dez/09 + jan/10)		T2 (fev + mar/10)		T3 (abr + mai/10)		T4 (jun + jul/10)		T5 (ago + set/10)		T6 (out + nov/10)	
		Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg
----- (mg g ⁻¹) -----													
PJ													
F. <i>Corymbia</i>	CS	16,31 a (1,11)	3,83 (0,33)	14,00 a (0,97)	3,75 (0,34)	18,30 a (0,37)	3,43 (0,35)	19,01 a (2,49)	3,14 (0,53)	16,36 Aa (2,23)	3,90 a (0,66)	18,87 Aa (0,78)	3,97 Aa (0,52)
	SS	15,72 (1,09)	4,72 (0,81)	15,60 (1,42)	3,95 (0,31)	19,71 (2,17)	3,62 (0,30)	20,81 (1,81)	3,31 (0,30)	19,45 B (1,05)	3,44 (0,15)	23,44 B (1,62)	3,14 B (0,35)
F. <i>Myrsine</i> = Total	CS	15,21 (6,48)	4,47 a (1,56)	11,32 (6,10)	4,07 a (1,45)	14,09 a (2,43)	4,55 a (0,81)	13,21 (4,67)	3,94 a (0,62)	15,24 a (3,08)	5,49 a (0,58)	15,67 (6,32)	6,00 A (0,59)
F. Espécies Nativas	CS	12,20 (4,38)	6,76 (1,91)	11,07 (4,90)	4,79 (0,41)	11,40 (4,38)	4,99 (0,36)	13,50 (2,52)	4,59 (0,12)	13,29 (0,25)	4,74 (0,16)	16,85 (2,45)	4,58 B (0,01)
	SS	13,51 (3,99)	1,89 A (0,30)	19,04 (6,87)	2,04 (0,50)	16,19 (3,73)	1,95 (0,44)	17,52 (6,74)	1,89 (0,40)	6,37 (1,05)	2,43 (0,35)	4,28 (0,48)	2,41 A (0,21)
Madeira	CS	14,55 (1,96)	2,64 B (0,61)	14,57 (4,66)	1,98 (0,58)	18,26 (4,21)	1,99 (0,69)	15,36 (7,83)	1,85 (0,34)	8,97 (2,30)	2,40 (0,19)	5,49 (1,23)	1,66 B (0,19)
	SS	7,01 (1,36)	2,88 (0,40)	7,16 (1,20)	2,85 (0,48)	7,39 (1,15)	2,98 (0,28)	6,61 (1,86)	2,78 (1,02)	8,24 (1,14)	2,89 A (0,37)	7,08 (1,37)	3,41 A (0,38)
Resto	CS	5,69 (0,19)	3,35 (0,37)	6,67 (0,93)	2,72 (0,29)	6,80 (1,50)	2,87 (0,31)	6,32 (0,80)	2,21 (0,24)	9,09 (1,59)	2,27 B (0,43)	8,26 (1,24)	2,37 B (0,41)
	SS	12,57 (2,17)	3,03 A (0,34)	13,29 (2,67)	3,02 (0,30)	14,00 (0,73)	3,04 (0,38)	14,25 (1,98)	2,74 (0,45)	11,15 A (0,97)	3,44 (0,50)	10,90 (1,81)	3,67 A (0,38)
Total	CS	11,97 (1,31)	4,06 B (0,73)	12,16 (1,35)	3,18 (0,16)	14,51 (2,26)	3,16 (0,32)	14,00 (2,35)	2,66 (0,37)	12,64 B (0,54)	2,91 (0,27)	12,83 (0,89)	2,59 B (0,49)
	SS	8,14 b (1,12)	3,57 (0,28)	8,29 Ab (1,13)	3,97 A (0,16)	8,54 b (0,56)	3,12 (0,36)	7,76 b (1,12)	2,59 A (0,09)	6,92 b (0,58)	2,95 b (0,17)	8,33 b (1,47)	2,85 b (0,42)
PM													
F. <i>Corymbia</i>	CS	6,81 (1,09)	3,19 (0,35)	6,32 B (1,05)	3,30 B (0,22)	8,68 (0,71)	3,35 (0,29)	7,43 (0,66)	3,09 B (0,25)	6,87 (0,57)	2,99 (0,17)	7,56 (0,57)	2,85 (0,26)
	SS	16,27 (2,54)	7,35 (0,96)	18,12 (3,11)	8,13 A (0,67)	13,51 (2,51)	5,76 (0,82)	14,17 (3,19)	5,22 (0,64)	14,41 (2,58)	6,49 (0,72)	13,44 (2,39)	5,89 (0,64)
F. <i>Xylopia</i>	CS	13,81 (3,09)	6,01 (1,10)	15,14 (2,76)	6,54 B (0,71)	14,50 (2,44)	5,80 (0,68)	15,35 (3,19)	6,19 (0,98)	14,70 (2,97)	6,07 (0,52)	13,65 (2,25)	5,92 (0,62)
	SS	5,42 (2,28)	10,01 (3,19)	6,51 (2,12)	11,14 A (0,73)	5,46 (1,64)	8,78 (2,38)	6,71 (2,44)	8,93 (1,61)	5,73 (1,63)	9,78 (0,59)	6,34 (1,34)	11,29 (0,61)
F. <i>Cupania</i>	CS	5,16 (2,36)	8,56 (2,18)	5,19 (1,41)	9,72 B (0,82)	6,44 (1,26)	9,23 (1,17)	7,29 (2,80)	10,82 (4,55)	4,63 (1,45)	8,86 (2,93)	4,58 (1,77)	9,56 (4,80)
	SS	7,82 (2,70)	7,58 (1,45)	8,25 (2,31)	8,55 A (1,67)	6,99 (2,12)	6,81 (1,13)	5,99 (1,48)	6,00 (0,79)	6,65 (1,62)	7,32 (1,16)	6,87 (1,60)	7,19 (1,45)
F. Outras	CS	6,69 (1,87)	5,99 (1,03)	6,52 (2,39)	6,02 B (1,31)	6,93 (1,89)	6,45 (1,08)	6,37 (1,45)	6,67 (1,57)	6,54 (1,67)	6,47 (1,17)	6,25 (0,88)	6,37 (0,78)
	SS	9,84 (2,15)	8,32 Ab (1,06)	10,96 (2,34)	9,27 Ab (0,75)	8,66 b (1,40)	7,12 b (1,20)	9,43 (2,63)	6,43 b (1,16)	9,22 b (1,68)	7,77 b (0,39)	9,12 (1,48)	7,90 A (0,26)
Total F. Espécies Nativas	CS	8,55 (0,82)	6,85 B (0,92)	9,18 (1,60)	7,19 B (0,86)	9,29 (1,16)	7,16 (0,76)	9,87 (2,11)	7,51 (1,68)	9,30 (1,25)	6,83 (1,04)	9,35 (1,99)	6,61 B (0,92)
	SS	6,04 (1,64)	2,73 A (0,52)	6,69 A (0,89)	2,86 (0,35)	4,96 (1,39)	2,36 (0,41)	5,65 (2,10)	2,52 (0,50)	3,92 (0,94)	2,20 (0,61)	3,17 (0,46)	1,91 (0,04)
Madeira	CS	5,16 (1,48)	2,07 B (0,26)	5,23 B (0,86)	2,49 (0,72)	5,73 (1,58)	2,91 (0,80)	5,33 (1,13)	3,36 (1,40)	4,01 (0,76)	2,38 (0,31)	3,36 (0,53)	2,33 (0,59)
	SS	5,44 (0,78)	4,61 (0,37)	6,85 (0,45)	5,53 A (0,54)	5,72 (1,24)	4,41 (0,83)	5,91 (1,26)	4,05 (0,73)	5,49 (1,06)	3,85 (0,57)	4,93 (0,78)	3,85 (0,91)
Resto	CS	4,84 (0,60)	4,00 (0,66)	5,82 (1,66)	4,39 B (0,72)	5,01 (1,14)	3,90 (0,79)	6,35 (0,58)	4,67 (0,68)	6,02 (0,89)	4,11 (0,48)	5,70 (0,77)	3,94 (0,46)
	SS	8,27 (1,47)	6,04 A (0,66)	9,12 (1,37)	6,70 A (0,37)	7,53 (1,03)	5,21 (0,79)	7,81 (1,42)	4,71 (0,59)	7,24 (1,19)	5,28 (0,11)	7,21 (1,06)	5,30 (0,23)
Total	CS	7,08 (0,86)	4,97 B (0,55)	7,42 (1,32)	5,24 B (0,61)	7,88 (0,82)	5,27 (0,56)	8,04 (1,01)	5,56 (1,20)	7,30 (0,81)	4,86 (0,61)	7,16 (0,98)	4,64 (0,57)
	SS												

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes, dentro da mesma fração e plantio, indicam diferenças significativas entre CS e SS ($p \leq 0,05$). Valores seguidos por letras minúsculas diferentes, dentro da mesma fração e do tratamento CS, indicam diferenças significativas entre PJ e PM ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS, e entre PJ e PM.

Anexo 20. Valores de aporte médio de C e N totais e de nutrientes (kg ha⁻¹) seguidos do respectivo desvio-padrão, em frações da serapilheira anual nos plantios Jovem (PJ) e maduro (PM) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), na Reserva Biológica União, RJ.

Fração	C		N		P		K		Ca		Mg	
	------(kg ha ⁻¹)-----											
	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS	CS	SS
	PJ											
<i>F. Corymbia citriodora</i>	1677,25 (1020,59)	1465,19 (956,38)	21,61 (12,06)	18,40 (8,70)	0,34 a (0,22)	0,34 (0,37)	1,36 A (1,44)	0,61 B (0,64)	5,69 a (3,38)	5,28 (,299)	1,31 (0,87)	1,20 (1,09)
<i>F. Myrsine coriacea</i> = Total de F. Espécies Nativas	137,90 a (90,04)	179,79 (185,36)	2,79 Aa (1,60)	1,65 B (0,45)	0,04 a (0,04)	0,02 (0,02)	0,11 Aa (0,12)	0,03 B (0,04)	0,36 a (0,33)	0,20 (0,11)	0,12 a (0,09)	0,08 (0,05)
Madeira	1917,29 (2082,85)	1569,86 (1537,08)	22,02 (33,10)	16,76 (22,97)	0,13 (0,13)	0,10 (0,08)	0,71 A (0,66)	0,33 B (0,60)	3,32 (2,11)	3,22 (2,21)	0,99 (1,12)	0,69 (0,64)
Resto	287,28 Aa (54,90)	353,19 B (71,58)	5,85 a (0,31)	6,68 (1,82)	0,07 a (0,04)	0,08 (0,06)	0,33 a (0,23)	0,34 (0,29)	0,42 a (0,19)	0,50 (0,28)	0,18 a (0,09)	0,20 (0,12)
Total	3956,77 a (2092,29)	3519,37 (1634,08)	63,08 a (47,98)	52,31 (39,56)	0,55 a (0,32)	0,53 (0,44)	2,46 Aa (1,86)	1,29 B (1,05)	9,61 (4,60)	9,10 (3,98)	2,53 a (1,42)	2,13 (1,28)
	PM											
<i>F. Corymbia citriodora</i>	1545,20 (63,41)	1276,92 (67,91)	31,43 (7,98)	29,18 (12,82)	0,20 b (0,11)	0,22 (0,17)	1,55 (1,50)	1,40 (0,98)	2,41 b (1,04)	2,57 (1,78)	0,97 (0,46)	1,12 (0,78)
<i>F. Xylopia sericea</i>	901,75 (150,31)	987,55 (189,55)	27,88 A (5,73)	33,46 B (6,51)	0,11 (0,05)	0,11 (0,06)	0,63 (0,50)	0,48 (0,28)	2,82 (1,28)	2,98 (1,12)	1,25 (0,65)	1,30 (0,62)
<i>F. Cupania oblongifolia</i>	390,80 A (127,52)	156,38 B (64,85)	14,79 A (3,50)	5,54 B (2,46)	0,09 A (0,08)	0,04 B (0,06)	0,51 A (0,59)	0,20 B (0,33)	0,46 A (0,42)	0,18 B (0,17)	0,84 A (0,81)	0,32 B (0,38)
F. Outras	877,09 A (352,52)	1418,68 B (457,89)	26,64 A (11,86)	43,50 B (16,76)	0,11 A (0,07)	0,17 B (0,10)	0,80 (0,80)	1,40 (2,77)	1,42 (1,25)	2,05 (1,44)	1,34 A (0,94)	1,98 B (1,18)
Total de F. Espécies Nativas	2142,07 b (585,53)	2558,95 (638,77)	70,63 b (16,84)	85,34 (22,82)	0,30 b (0,11)	0,31 (0,13)	1,88 b (1,34)	1,53 (0,75)	4,65 b (1,94)	5,17 (1,78)	3,34 b (1,42)	3,53 (1,28)
Madeira	2725,52 (1670,19)	2402,90 (1618,12)	25,44 (18,99)	45,87 (38,50)	0,16 (0,16)	0,14 (0,12)	1,11 (1,16)	0,71 (0,50)	2,68 (1,83)	2,18 (1,58)	1,32 (0,92)	1,25 (1,18)
Resto	1008,40 b (364,66)	1013,45 (537,07)	32,91 b (25,85)	29,11 (19,46)	0,26 b (0,17)	0,25 (0,21)	1,38 b (1,33)	1,07 (1,07)	1,19 b (0,72)	1,10 (0,68)	0,93 b (0,63)	0,87 (0,65)
Total	7452,73 b (2590,46)	7640,52 (2479,74)	197,98 Ab (70,17)	211,47 B (67,11)	0,93 b (0,08)	0,92 (0,44)	5,88 b (4,11)	4,73 (2,16)	10,85 (4,19)	11,04 (4,09)	6,53 b (2,43)	6,77 (2,56)

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes, dentro da mesma fração e plantio, indicam diferenças significativas entre CS e SS ($p \leq 0,05$). Valores seguidos por letras minúsculas diferentes, dentro da mesma fração e do tratamento CS, indicam diferenças significativas entre PJ e PM ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS, e entre PJ e PM.

Anexo 21. Valores de aporte de C e N (kg ha^{-1}), seguidos do respectivo desvio-padrão, em frações da serapilheira produzidas no plantio Jovem (PJ) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), agrupados em três tempos, na Reserva Biológica União, RJ.

Fração	Trat	T1 (dez/09 a mar/10)		T2 (abr a jul/10)		T3 (ago a Nov/10)	
		C	N	C	N	C	N
PJ							
F. <i>Corymbia citriodora</i>	CS	2821,91 Aa (142,25)	33,44 Aa (7,06)	862,18 a (79,91)	9,33 a (1,24)	1347,66 Aa (13,69)	22,06 (11,83)
	SS	2562,16 B (17,52)	25,31 B (1,50)	806,41 (9,86)	8,63 (1,44)	1027,01 B (8,19)	21,26 (2,92)
F. <i>Myrsine coriacea</i> = Total F. Espécies Nativas	CS	238,98 a (1,08)	4,78 a (0,70)	109,67 Aa (2,84)	2,28 a (0,89)	65,80 a (1,31)	1,81 a (0,33)
	SS	96,22 (2,64)	2,03 (0,45)	77,17 B (0,30)	1,15 (0,14)	68,44 (1,60)	1,76 (0,20)
Madeira	CS	1013,41 Aa (15,30)	4,92 a (0,59)	439,08 Aa (2,89)	0,96 Aa (0,25)	4299,39 Aa (24,83)	60,17 (24,36)
	SS	817,21 B (17,17)	4,54 (2,12)	554,15 B (13,14)	2,47 B (0,61)	3338,22 B (83,41)	43,26 (2,94)
Resto	CS	350,66 Aa (3,94)	5,50 a (1,73)	254,69 Aa (28,66)	5,98 a (5,00)	256,48 Aa (3,38)	6,08 (1,12)
	SS	434,09 B (7,02)	7,69 (2,85)	298,07 B (4,29)	4,58 (0,70)	327,42 B (7,32)	7,77 (1,67)
Total	CS	4294,76 Aa (183,50)	51,57 a (5,08)	1667,95 a (61,00)	24,09 a (10,03)	6058,76 Aa (46,27)	117,14 a (23,60)
	SS	3840,82 B (71,44)	49,10 (9,72)	1707,30 (46,16)	18,92 (1,40)	4899,70 B (62,81)	97,81 (12,81)
PM							
F. <i>Corymbia citriodora</i>	CS	1796,98 Ab (9,53)	26,00 Ab (1,26)	1114,38 b (109,00)	20,66 b (5,86)	1545,20 Ab (63,41)	31,43 (7,98)
	SS	2981,62 B (33,61)	41,65 B (2,41)	1038,38 (58,25)	24,97 (12,83)	1276,92 B (67,91)	29,18 (12,81)
F. <i>Xylopia sericea</i>	CS	1061,08 A (3,91)	29,79 A (0,57)	719,06 (12,74)	22,99 (7,32)	925,11 (69,05)	30,87 (3,94)
	SS	1218,52 B (82,38)	32,27 B (1,79)	803,23 (61,65)	30,41 (6,84)	940,91 (57,37)	37,72 (7,88)
F. <i>Cupania oblongifolia</i>	CS	542,23 A (13,61)	17,94 A (2,60)	253,70 A (9,12)	11,73 A (2,50)	372,80 A (11,50)	14,68 A (1,90)
	SS	237,36 B (3,68)	8,10 B (1,78)	94,71 B (10,53)	3,51 B (0,95)	132,26 B (3,84)	4,88 B (1,56)
F. Outras	CS	1063,97 A (37,21)	29,09 A (3,47)	402,37 A (15,98)	12,43 A (2,05)	1164,93 A (66,13)	38,40 (6,56)
	SS	1585,74 B (46,79)	42,98 B (8,39)	816,03 B (23,41)	31,81 B (7,11)	1854,26 B (70,92)	55,71 (22,47)
Total F. Espécies Nativas	CS	2668,11 b (40,65)	78,72 b (4,50)	1373,52 b (23,70)	50,05 b (9,31)	2384,57 b (199,96)	83,12 b (8,91)
	SS	3052,84 (91,21)	89,36 (12,43)	1693,0 (40,35)	64,27 (7,40)	2930,99 (54,00)	102,40 (25,98)
Madeira	CS	2227,80 Ab (22,05)	27,20 b (4,84)	1047,06 Ab (19,40)	13,36 b (8,35)	4901,70 b (107,98)	35,76 A (29,15)
	SS	1703,73 B (66,65)	30,17 (9,66)	955,89 B (37,68)	18,89 (7,08)	4549,07 (415,09)	88,55 B (39,35)
Resto	CS	1434,22 Ab (55,59)	58,85 b (30,97)	574,33 b (2,43)	13,91 b (2,42)	1016,64 Ab (7,35)	25,97 Ab (4,68)
	SS	1741,08 B (90,13)	54,37 (9,80)	605,86 (31,46)	14,27 (1,31)	693,40 B (54,09)	18,70 B (4,41)
Total	CS	8135,10 Ab (79,13)	211,53 b (28,56)	4107,72 Ab (82,97)	112,74 b (14,93)	10115,58 Ab (207,12)	269,68 b (21,39)
	SS	9396,16 B (171,37)	235,45 (20,89)	4261,19 B (83,57)	127,63 (14,95)	9264,21 B (249,75)	271,32 (33,50)

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes, dentro da mesma fração e plantio, indicam diferenças significativas entre CS e SS ($p \leq 0,05$). Valores seguidos por letras minúsculas diferentes, dentro da mesma fração e do tratamento CS, indicam diferenças significativas entre PJ e PM ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS, e entre PJ e PM.

Anexo 22. Valores de aporte de P e K (kg ha^{-1}), seguidos do respectivo desvio-padrão, em frações da serapilheira produzidas no plantio Jovem (PJ) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), agrupados em seis tempos, na Reserva Biológica União, RJ.

Frações	Trat	T1 (dez/09 + jan/10)		T2 (fev + mar/10)		T3 (abr + mai/10)		T4 (jun + jul/10)		T5 (ago + set/10)		T6 (out + nov/10)	
		P	K	P	K	P	K	P	K	P	K	P	K
----- (kg ha^{-1}) -----													
PJ													
F. <i>Corymbia</i>	CS	0,63 Aa (0,08)	3,77 Aa (0,95)	0,41 (0,06)	2,59 A (0,39)	0,18 (0,02)	0,65 A (0,06)	0,08 (0,05)	0,27 a (0,08)	0,48 A (0,28)	0,79 (0,49)	0,24 Aa (0,02)	0,11 Aa (0,06)
	SS	1,07 B (0,30)	1,22 B (0,55)	0,39 (0,09)	1,59 B (0,40)	0,19 (0,07)	0,19 B (0,13)	0,08 (0,02)	0,17 (0,14)	0,18 B (0,03)	0,19 (0,05)	0,12 B (0,03)	0,32 B (0,07)
F. <i>Myrsine</i> = Total F. Espécies Nativas	CS	0,07 a (0,02)	0,36 a (0,08)	0,02 a (0,02)	0,15 Aa (0,12)	0,02 a (0,02)	0,06 a (0,06)	0,02 (0,01)	0,07 (0,06)	0,02 a (0,02)	0,02 a (0,01)	0,08 a (0,06)	0,09 (0,08)
	SS	0,05 (0,03)	0,06 (0,07)	0,02 (0,00)	0,03 (0,01)	0,02 (0,01)	0,01 (0,01)	0,01 (0,00)	0,00 (0,00)	0,02 (0,01)	0,01 (0,00)	0,02 (0,01)	0,04 (0,03)
Madeira	CS	0,08 Aa (0,04)	1,09 A (0,79)	0,11 (0,12)	0,43 a (0,24)	0,05 (0,02)	0,29 A (0,12)	0,01 a (0,01)	0,12 A (0,10)	0,17 (0,11)	1,06 A (0,84)	0,35 Aa (0,09)	1,29 b (0,51)
	SS	0,14 B (0,04)	0,09 B (0,12)	0,10 (0,09)	0,19 (0,22)	0,05 (0,03)	0,07 B (0,03)	0,08 (0,14)	0,02 B (0,01)	0,06 (0,03)	0,15 B (0,15)	0,16 B (0,07)	1,46 (0,76)
Resto	CS	0,09 a (0,03)	0,61 a (0,10)	0,06 a (0,01)	0,44 a (0,13)	0,07 a (0,03)	0,45 (0,29)	0,02 a (0,01)	0,14 a (0,07)	0,06 a (0,03)	0,15 Aa (0,07)	0,12 a (0,05)	0,16 a (0,08)
	SS	0,14 (0,07)	0,41 (0,25)	0,10 (0,08)	0,63 (0,36)	0,08 (0,03)	0,38 (0,26)	0,03 (0,02)	0,15 (0,14)	0,03 (0,02)	0,04 B (0,02)	0,08 (0,05)	0,41 (0,25)
Total	CS	0,83 Aa (0,11)	5,61 A (1,63)	0,59 a (0,15)	3,52 Aa (0,60)	0,30 a (0,03)	1,43 Aa (0,32)	0,12 a (0,04)	0,56 Aa (0,11)	0,72 A (0,42)	2,02 Aa (0,94)	0,75 A (0,19)	1,61 a (0,57)
	SS	1,38 B (0,32)	1,77 B (0,68)	0,61 (0,23)	2,42 B (0,85)	0,33 (0,11)	0,65 B (0,35)	0,19 (0,15)	0,34 B (0,15)	0,28 B (0,05)	0,38 B (0,19)	0,36 B (0,05)	2,21 (0,99)
PM													
F. <i>Corymbia</i>	CS	0,25 Ab (0,07)	1,63 Ab (0,74)	0,32 (0,15)	3,95 A (2,25)	0,18 (0,08)	1,16 (0,59)	0,09 (0,04)	0,62 b (0,18)	0,26 (0,07)	1,46 (0,59)	0,12 b (0,03)	0,48 b (0,25)
	SS	0,52 B (0,13)	3,16 B (0,68)	0,25 (0,13)	1,60 B (0,66)	0,13 (0,05)	0,85 (0,39)	0,08 (0,03)	0,63 (0,10)	0,23 (0,08)	1,55 (0,37)	0,10 (0,01)	0,63 (0,08)
F. <i>Xylopi</i>	CS	0,15 (0,06)	0,75 (0,52)	0,14 (0,05)	1,41 A (0,40)	0,09 (0,05)	0,45 (0,39)	0,06 (0,04)	0,42 (0,20)	0,09 (0,05)	0,47 (0,25)	0,11 (0,05)	0,26 (0,15)
	SS	0,14 (0,08)	0,55 (0,34)	0,14 (0,03)	0,30 B (0,12)	0,10 (0,06)	0,34 (0,29)	0,07 (0,04)	0,47 (0,34)	0,10 (0,04)	0,64 (0,22)	0,11 (0,06)	0,58 (0,30)
F. <i>Cupania</i>	CS	0,09 (0,09)	0,54 (0,67)	0,15 (0,12)	1,25 (0,84)	0,08 (0,09)	0,29 (0,30)	0,05 A (0,09)	0,25 A (0,37)	0,06 (0,02)	0,28 (0,14)	0,11 A (0,04)	0,30 (0,14)
	SS	0,08 (0,10)	0,22 (0,14)	0,07 (0,09)	0,55 (0,73)	0,02 (0,02)	0,11 (0,09)	0,00 B (0,00)	0,02 B (0,01)	0,03 (0,01)	0,19 (0,06)	0,01 B (0,01)	0,05 (0,01)
F. Outras	CS	0,17 (0,08)	0,93 (0,39)	0,13 (0,08)	1,68 (1,35)	0,07 (0,02)	0,35 (0,12)	0,05 (0,03)	0,35 (0,24)	0,12 (0,05)	0,68 (0,19)	0,13 (0,07)	0,81 (1,05)
	SS	0,20 (0,10)	0,97 (0,38)	0,16 (0,08)	0,48 (0,37)	0,11 (0,08)	0,60 (0,47)	0,11 (0,08)	0,75 (0,33)	0,19 (0,08)	1,09 (0,65)	0,23 (0,14)	1,47 (0,99)
Total F. Espécies Nativas	CS	0,41 b (0,09)	2,22 b (0,89)	0,41 b (0,07)	4,34 Bb (0,62)	0,24 b (0,07)	1,08 b (0,29)	0,15 (0,08)	0,98 (0,52)	0,26 b (0,03)	1,37 b (0,21)	0,32 b (0,05)	1,31 (1,11)
	SS	0,43 (0,16)	1,73 (0,63)	0,36 (0,12)	1,21 (0,59)	0,24 (0,09)	1,05 (0,65)	0,18 (0,07)	1,24 (0,42)	0,32 (0,06)	1,85 (0,75)	0,34 (0,13)	2,08 (1,06)
Madeira	CS	0,24 Ab (0,08)	0,66 (0,29)	0,14 (0,06)	2,35 Ab (1,03)	0,10 (0,06)	0,83 (0,75)	0,05 b (0,03)	0,39 (0,23)	0,34 (0,32)	1,88 (1,94)	0,12 Ab (0,05)	0,56 b (0,48)
	SS	0,13 B (0,06)	0,74 (0,49)	0,12 (0,06)	0,60 B (0,55)	0,07 (0,03)	0,45 (0,25)	0,05 (0,03)	0,38 (0,31)	0,22 (0,13)	1,42 (0,48)	0,28 B (0,16)	0,66 (0,08)
Resto	CS	0,53 b (0,13)	3,05 b (1,26)	0,30 b (0,12)	2,65 b (1,93)	0,20 b (0,11)	0,78 (0,36)	0,10 b (0,03)	0,36 b (0,11)	0,14 b (0,02)	0,54 b (0,09)	0,37 Ab (0,12)	1,27 b (0,58)
	SS	0,51 (0,29)	2,50 (1,19)	0,39 (0,29)	1,37 (1,19)	0,23 (0,04)	1,05 (0,32)	0,06 (0,04)	0,23 (0,08)	0,12 (0,04)	0,53 (0,17)	0,21 B (0,01)	0,89 (0,24)
Total	CS	0,23 b (0,03)	1,19 (0,23)	0,19 b (0,03)	2,21 Ab (0,64)	0,12 b (0,02)	0,64 b (0,21)	0,07 b (0,02)	0,40 b (0,08)	0,17 (0,06)	0,90 b (0,32)	0,16 (0,02)	0,63 b (0,21)
	SS	0,27 (0,04)	1,36 (0,24)	0,19 (0,04)	0,81 B (0,32)	0,11 (0,02)	0,57 (0,18)	0,06 (0,02)	0,42 (0,04)	0,16 (0,04)	0,96 (0,17)	0,18 (0,06)	0,80 (0,25)

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes, dentro da mesma fração e plantio, indicam diferenças significativas entre CS e SS ($p \leq 0,05$). Valores seguidos por letras minúsculas diferentes, dentro da mesma fração e do tratamento CS, indicam diferenças significativas entre PJ e PM ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS, e entre PJ e PM.

Anexo 23. Valores de aporte de Ca e Mg (kg ha^{-1}), seguidos do respectivo desvio-padrão, em frações da serapilheira produzidas no plantio Jovem (PJ) de *Corymbia citriodora*, na presença (CS) e remoção de serapilheira (SS), agrupados em seis tempos, na Reserva Biológica União, RJ.

Frações	Trat	T1 (dez/09 + jan/10)		T2 (fev + mar/10)		T3 (abr + mai/10)		T4 (jun + jul/10)		T5 (ago + set/10)		T6 (out + nov/10)	
		Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg
(kg ha ⁻¹)													
PJ													
F. <i>Corymbia</i>	CS	12,49 a (1,30)	2,94 a (0,36)	5,67 a (0,70)	1,52 (0,24)	4,51 a (0,76)	0,86 (0,22)	2,17 (0,66)	0,37 (0,17)	5,50 Aa (0,43)	1,35 A (0,42)	3,81 a (0,42)	0,81 (0,16)
	SS	11,29 (0,67)	3,42 (0,70)	5,09 (1,29)	1,27 (0,27)	4,06 (1,17)	0,74 (0,19)	2,39 (0,34)	0,39 (0,12)	4,15 B (0,37)	0,73 B (0,06)	4,70 (1,22)	0,64 (0,19)
F. <i>Myrsine</i> = Total F. Espécies Nativas	CS	0,92 a (0,26)	0,27 a (0,05)	0,30 a (0,31)	0,10 a (0,09)	0,34 a (0,40)	0,11 a (0,12)	0,37 a (0,43)	0,10 a (0,11)	0,13 a (0,06)	0,05 a (0,03)	0,29 a (0,07)	0,12 a (0,05)
	SS	0,29 (0,10)	0,16 (0,06)	0,16 (0,08)	0,07 (0,02)	0,24 (0,20)	0,09 (0,06)	0,17 (0,02)	0,06 (0,00)	0,16 (0,08)	0,06 (0,03)	0,27 (0,12)	0,08 (0,04)
Madeira	CS	3,91 (2,45)	0,54 a (0,32)	3,36 (2,89)	0,34 a (0,24)	2,22 (0,94)	0,27 a (0,12)	0,95 (0,63)	0,10 a (0,06)	5,04 (1,38)	2,10 A (1,10)	4,44 A (0,69)	2,57 (0,77)
	SS	3,02 (1,15)	0,55 (0,26)	2,83 (2,64)	0,36 (0,34)	1,84 (0,80)	0,20 (0,09)	2,25 (2,78)	0,28 (0,34)	3,11 (1,30)	0,82 B (0,24)	6,27 B (1,23)	1,90 (0,26)
Resto	CS	0,57 a (0,09)	0,23 a (0,02)	0,42 a (0,11)	0,17 a (0,04)	0,57 (0,28)	0,24 a (0,16)	0,17 a (0,05)	0,07 a (0,02)	0,38 a (0,16)	0,13 a (0,05)	0,42 a (0,12)	0,21 a (0,05)
	SS	0,50 (0,12)	0,30 (0,09)	0,54 (0,25)	0,23 (0,14)	0,55 (0,15)	0,24 (0,07)	0,22 (0,10)	0,08 (0,04)	0,36 (0,14)	0,09 (0,04)	0,81 (0,46)	0,23 (0,13)
Total	CS	17,33 (3,09)	3,81 a (0,32)	9,57 (2,51)	2,07 a (0,22)	7,50 (1,45)	1,43 a (0,37)	3,44 a (0,85)	0,58 a (0,18)	11,00 A (1,54)	3,62 Aa (1,39)	8,85 Aa (1,18)	3,65 a (0,91)
	SS	14,99 (1,75)	4,37 (0,87)	8,55 (3,75)	1,91 (0,60)	6,59 (1,70)	1,24 (0,24)	4,93 (2,77)	0,78 (0,33)	7,68 B (1,27)	1,67 B (0,24)	11,89 B (0,20)	2,80 (0,39)
PM													
F. <i>Corymbia</i>	CS	3,00 Ab (1,26)	1,30 Ab (0,46)	2,99 b (1,08)	1,42 (0,45)	2,51 b (1,16)	0,88 (0,31)	1,38 (0,43)	0,46 (0,15)	2,67 b (0,63)	1,14 (0,28)	1,89 b (0,67)	0,65 (0,25)
	SS	5,76 B (1,83)	2,64 B (0,47)	2,36 (1,34)	1,17 (0,46)	2,31 (0,81)	0,87 (0,24)	1,19 (0,35)	0,49 (0,13)	2,34 (0,42)	1,02 (0,19)	1,45 (0,27)	0,55 (0,11)
F. <i>Xylopia</i>	CS	3,48 (1,36)	1,62 (0,78)	3,99 (1,06)	1,84 (0,65)	2,26 (1,07)	0,99 (0,59)	1,90 (0,83)	0,73 (0,40)	2,28 (0,82)	1,06 (0,50)	2,99 (1,51)	1,25 (0,51)
	SS	3,51 (1,07)	1,62 (0,76)	3,70 (0,87)	1,64 (0,54)	3,01 (1,34)	1,21 (0,64)	2,06 (0,94)	0,90 (0,55)	2,59 (0,81)	1,11 (0,47)	3,00 (1,24)	1,32 (0,66)
F. <i>Cupania</i>	CS	0,47 (0,52)	0,96 (1,14)	0,78 (0,65)	1,47 (1,18)	0,32 (0,26)	0,50 (0,42)	0,22 (0,28)	0,36 (0,47)	0,33 (0,19)	0,57 (0,29)	0,58 A (0,18)	1,06 (0,43)
	SS	0,22 (0,21)	0,37 (0,38)	0,29 (0,29)	0,64 (0,73)	0,22 (0,11)	0,32 (0,19)	0,04 (0,05)	0,06 (0,08)	0,15 (0,05)	0,28 (0,11)	0,08 B (0,07)	0,18 (0,16)
F. Outras	CS	2,04 (1,60)	1,77 (0,92)	1,94 (1,88)	1,75 (1,19)	0,70 (0,47)	0,64 (0,26)	0,52 (0,31)	0,52 A (0,30)	1,32 (0,69)	1,37 (0,42)	2,00 (1,22)	2,00 (1,16)
	SS	2,44 (1,48)	2,27 (1,15)	2,21 (1,51)	1,97 (1,01)	1,02 (0,73)	1,03 (0,72)	1,37 (0,88)	1,47 B (0,79)	2,49 (1,54)	2,41 (1,15)	2,77 (1,98)	2,74 (1,65)
Total F. Espécies Nativas	CS	5,99 b (1,52)	4,34 b (0,97)	6,71 b (1,61)	5,05 b (0,44)	3,27 b (1,30)	2,12 b (0,59)	2,60 b (0,85)	1,54 b (0,62)	3,86 b (0,93)	2,89 b (0,37)	5,45 b (1,55)	4,10 b (0,93)
	SS	6,17 (1,22)	4,26 (1,24)	6,14 (1,80)	4,13 (1,38)	4,24 (1,76)	2,57 (1,02)	3,46 (1,06)	2,42 (0,83)	5,17 (1,34)	3,69 (0,71)	5,80 (2,12)	4,14 (1,37)
Madeira	CS	3,61 (1,28)	1,68 Ab (0,64)	2,25 (0,54)	0,96 b (0,20)	1,36 (0,82)	0,61 b (0,24)	1,22 (1,32)	0,43 b (0,27)	4,28 (2,94)	2,22 (1,27)	3,33 (1,16)	2,00 (0,64)
	SS	2,29 (1,13)	0,92 B (0,35)	1,55 (0,67)	0,72 (0,31)	1,21 (0,50)	0,60 (0,28)	1,13 (1,07)	0,67 (0,49)	3,06 (1,76)	1,80 (0,95)	3,85 (2,10)	2,78 (1,95)
Resto	CS	2,13 b (0,76)	1,78 b (0,49)	1,56 b (0,72)	1,29 b (0,76)	0,91 (0,22)	0,74 b (0,33)	0,44 b (0,05)	0,31 b (0,11)	0,66 b (0,20)	0,45 b (0,08)	1,49 b (0,55)	1,15 b (0,48)
	SS	2,09 (0,61)	1,78 (0,60)	1,55 (0,61)	1,22 (0,60)	0,94 (0,10)	0,74 (0,10)	0,36 (0,14)	0,27 (0,12)	0,63 (0,18)	0,43 (0,11)	1,12 (0,14)	0,77 (0,10)
Total	CS	14,31 (4,07)	8,74 b (0,61)	13,51 (3,02)	8,72 b (0,91)	8,06 (2,70)	4,35 b (0,71)	5,63 b (1,72)	2,75 b (0,55)	11,47 (3,90)	6,70 b (1,35)	12,15 b (2,44)	7,91 b (0,74)
	SS	16,33 (3,41)	9,60 (1,54)	11,61 (3,35)	7,24 (2,05)	8,71 (2,09)	4,78 (1,28)	6,15 (0,64)	3,85 (0,92)	11,20 (2,56)	6,94 (1,65)	12,22 (3,64)	8,24 (2,69)

Valores seguidos por letras maiúsculas diferentes, dentro da mesma fração e plantio, indicam diferenças significativas entre CS e SS ($p \leq 0,05$). Valores seguidos por letras minúsculas diferentes, dentro da mesma fração e do tratamento CS, indicam diferenças significativas entre PJ e PM ($p \leq 0,05$). Ausência de letras indica semelhança entre CS e SS, e entre PJ e PM.