



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

FAGNER LUCIANO MOREIRA

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DE
FLORESTA OMBRÓFILA Densa DAS TERRAS BAIXAS**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2014

FAGNER LUCIANO MOREIRA

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DE
FLORESTA OMBRÓFILA Densa DAS TERRAS BAIXAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais, na Área de Concentração Recursos Florestais.

Orientador: Marcos Vinicius Winckler Caldeira;

Coorientadores: Adriano Ribeiro de Mendonça; Elzimar de Oliveira Gonçalves.

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

M835c Moreira, Fagner Luciano, 1989-
Ciclagem de nutrientes em área de restauração de floresta
ombrófila densa das terras baixas / Fagner Luciano Moreira. – 2014.
105 f. : il.

Orientador: Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

Coorientador: Adriano Ribeiro de Mendonça; Elzimar de Oliveira
Gonçalves.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Tabuleiros costeiros. 2. Mata Atlântica – Conservação.
3. Litoral (Entulho). 4. Solos – Fertilidade. 5. Ciclagem de nutrientes.
I. Caldeira, Marcos Vinicius Winckler Caldeira. II. Mendonça, Adriano
Ribeiro. III. Gonçalves, Elzimar de Oliveira. IV. Universidade Federal
do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

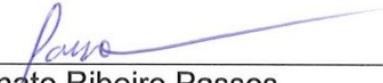
CDU: 630

**CICLAGEM DE NUTRIENTES EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DE
FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS**

Fagner Luciano Moreira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

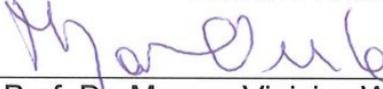
Aprovada em 23 de outubro de 2014.



Prof. Dr. Renato Ribeiro Passos
UFES
Membro Externo



Prof. Dr. Eduardo de Sá Mendonça
UFES
Membro Externo



Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira
UFES
Orientador

Aos meus pais, José Cordeiro Moreira e Vilma Lúcia Luciano Moreira

Ao meu irmão, Murilo Victor Luciano Moreira

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, responsável maior por todas as minhas conquistas até aqui alcançadas, fonte de amor, esperança e força.

À minha família, que sempre me apoiou em todos os momentos e decisões, incentivando e torcendo, ainda que de longe.

À minha namorada, pela compreensão, companheirismo e confiança, mesmo nos períodos mais complicados não mediu esforços para estar ao meu lado.

Ao meu comitê de orientação, Professor Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira (orientador), Professora Dr^a. Elzimar de Oliveira Gonçalves (coorientadora) e Professor Dr. Adriano Ribeiro de Mendonça (Coorientador), por todo conhecimento transmitido, disponibilidade, sugestões, apoio, conselhos, compreensão e demais ações que de uma forma ou de outra contribuíram para a construção e enriquecimento deste trabalho de pesquisa.

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, que por meio do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM) forneceu a estrutura necessária à realização do curso de mestrado, bem como da pesquisa científica.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais pela oportunidade concedida, o que me possibilitou “avançar mais alguns degraus” na escala do conhecimento técnico-científico.

Aos professores do DCFM, por todo conhecimento acadêmico transmitido. Aos demais funcionários, em especial ao Alexandro, do laboratório de Recursos Hídricos, quem não economizou esforço para me auxiliar nas análises químicas dos materiais coletados.

À Vale S.A., pela concessão da bolsa durante parte do curso de mestrado, pela disponibilização da área para estudo e fornecimento de todo o suporte para a coleta dos dados.

Aos funcionários da Vale S.A., em especial ao Jonacir, pela disponibilidade, repasse de informações e apoio operacional.

Aos amigos do herbário, Julia, Kallil, Luana, Cristiane, Raquel, João Paulo, William e Ed, pelos auxílios diversos, sugestões e prosas.

Em especial, aos companheiros de campo, Júlio, Marcilene, Ítalo e Mayra, sem a ajuda dessa galera, realizar as coletas de dados seria uma tarefa complicada.

À toda a galera do laboratório de solos do CCA-UFES e ao Professor Felipe por permitir o uso dos equipamentos.

Aos amigos da república de Jerônimo Monteiro, Felício, Maradona, Marcola, Saulo, Diego, Marcelão e Estevão, pelo curto, porém, intenso período de convivência, que propiciaram aprendizados diversos e momentos marcantes.

Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer.

“Mahatma Gandhi”

RESUMO

MOREIRA, Fagner Luciano. Ciclagem de nutrientes em área de restauração de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. D.Sc. Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Coorientadores: Prof. D.Sc. Adriano Ribeiro de Mendonça, Prof^a. D.Sc. Elzimar de Oliveira Gonçalves

Apesar de ser um dos biomas com maior biodiversidade, a Mata Atlântica há séculos enfrenta a degradação ocasionada pela ocupação desordenada do solo. Os passivos gerados são enormes, o que demanda estudos no sentido de viabilizar a recuperação dos mesmos. O estudo da ciclagem de nutrientes é fundamental, pois propicia um melhor entendimento da dinâmica dos nutrientes no ecossistema, além do mais é um importante indicador de recuperação de áreas degradadas. Dessa forma, este trabalho objetivou estudar a ciclagem de nutrientes em diferentes metodologias de restauração de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, na Reserva Natural Vale, Linhares, ES, entre março de 2013 e janeiro de 2014. Os estudos da serapilheira acumulada e dos atributos químicos do solo foram realizados em seis tratamentos (metodologias de restauração), compostos pela combinação dos fatores espaçamento (3x3 m e 2x2 m) e riqueza de espécies (quantidades de espécies por tratamento: 29, 58 e 114). A coleta de serapilheira acumulada ocorreu em março e em agosto de 2013, nas estações de maior e de menor precipitação, respectivamente. A serapilheira foi compartimentalizada em duas frações (folhas + miscelânea e galhos), sendo quantificada a biomassa, teor e conteúdo dos nutrientes. A coleta de solo para estudo dos seus atributos químicos ocorreu em março de 2013, sendo as amostras retiradas nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40. Já o estudo da redistribuição dos nutrientes se restringiu a duas espécies (*Bixa arborea* Huber. e *Joannesia princeps* Vell) de relevante interesse para a restauração florestal, sendo realizado em três tratamentos, os quais se diferenciaram apenas quanto à riqueza de espécies, sendo o espaçamento o mesmo para todos. Em cada tratamento foram coletadas folhas das copas de cinco exemplares de cada uma das duas espécies e dos coletores montados abaixo de suas copas, em outubro de 2013 (estação com menor

precipitação) e em janeiro de 2014 (estação com maior precipitação). A partir do material coletado, foram determinados os teores dos nutrientes e calculados os valores de redistribuição. Em relação ao capítulo I, as metodologias de restauração não influenciaram nos atributos químicos do solo e na serapilheira; o maior acúmulo de biomassa e teor de nutrientes das frações da serapilheira ocorreu na estação de menor precipitação; o baixo acúmulo de biomassa e conteúdo de nutrientes da serapilheira, associados à baixa fertilidade do solo indicaram que o projeto de restauração encontra-se próximo aos padrões de ecossistemas em via de recuperação. Em relação ao capítulo II, os tratamentos não influenciaram nos teores da maior parte dos nutrientes das folhas das duas espécies em ambas as épocas; a redistribuição de nutrientes de *J. princeps* tendeu ser mais elevada no período de menor precipitação, e a *B. arborea* tendeu ser maior no período de maior precipitação; as espécies apresentaram uma eficiente redistribuição de nutrientes, evidenciando um grande potencial na restauração florestal.

Palavras-chave: Floresta de Tabuleiros, serapilheira acumulada, fertilidade do solo, redistribuição de nutrientes, área de restauração florestal.

ABSTRACT

MOREIRA, Fagner Luciano. Nutrient cycling in area of restoration of Lowlands Tropical Rain Forest. 2014. Dissertation (Masters degree in Forest Sciences) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Adviser: D.Sc Marcos Vinicius Winckler Caldeira. Co-advisors: D.Sc. Adriano Ribeiro de Mendonça, D.Sc. Elzimar de Oliveira Gonçalves.

Despite being one of the most biodiverse biomes, the Atlantic Forest for centuries faces the degradation caused by the disordered occupation of the land. The liabilities generated are huge, which demands studies to enable their recovery. The study of nutrient cycling is fundamental, because it provides a better understanding of the nutrients dynamic in the ecosystem, moreover it is an important indicator of recover degraded areas. This way, this work aimed to study the cycling of nutrients in different methods of restoring the Lowlands Tropical Rain Forest, in Vale Natural Reserve, Linhares, ES, between March 2013 and January 2014. The studies of accumulated litter and soil chemical properties were conducted in six treatments (restoration methodologies), compounds by a combination of factors spacing (2x2 3x3 m) and species richness (species numbers per treatment: 29, 58 and 114). The collecting of accumulated litter occurred in March and August 2013, the highest and lowest precipitancy seasons, respectively. The litter was compartmentalized into two fractions (leaves + miscellaneous and branches), quantifying biomass, nutrients content and tenor. Soil collecting to study its chemical attributes occurred in March 2013, with samples taken at depths of 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm and 20-40. Otherwise, the study of the redistribution of nutrients is restricted to two species (*Bixa arborea* Huber. and *Joannesia princeps* Vell) of relevant interest for forest restoration, performed in three treatments, which differed only in terms of species richness, and spacing was the same for all. In each treatment were collected leaves from the canopy of five exemplars of each of the two species and from the collectors established beneath their canopies, in October 2013 (lowest precipitancy season) and in January 2014 (highest precipitancy season). From the material collected, were determined the nutrients levels and values of redistribution were calculated. Regarding Chapter I, the methodologies of restoration did not affect the soil chemical

properties and litter; The largest accumulation of biomass and nutrients level from the litter fractions occurred in the lowest precipitancy season; the low biomass accumulation and nutrient content of litter associated with low soil fertility indicated that the restoration project is close to the patterns of ecosystems in the process of recovery. In relation to Chapter II, the treatments did not influence in the levels of most of the leaves nutrients from the two species in both times; nutrients redistribution of *J. princeps* tended to be higher in the lower precipitancy period, and *B. arborea* tended to be higher in the highest precipitation season; the species showed an efficient redistribution of nutrients, showing great potential in forest restoration.

Keywords: Forest Tablelands, accumulated litter, soil fertility, nutrient redistribution, area of forest restoration.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise granulométrica do solo em quatro profundidades, na RNV, Linhares, ES.	21
Tabela 2- Caracterização dos tratamentos – combinação dos fatores espaçamento e riqueza.	24
Tabela 3 – Famílias e respectivas espécies florestais utilizadas nos seis tratamentos do projeto de restauração, na RNV, Linhares, ES.	26
Tabela 4 – Teores médios de nutrientes na fração folhas/miscelânea, em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES.	49
Tabela 5 – Teores médios de nutrientes na fração galhos, em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES.	50
Tabela 6 – Conteúdo de nutrientes, em kg ha^{-1} , da serapilheira acumulada, em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES, em diferentes tratamentos.	55
Tabela 7 – Conteúdo de nutrientes, em kg ha^{-1} , da fração folhas/miscelânea, em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES, em diferentes tratamentos.	57
Tabela 8 – Conteúdo de nutrientes, em kg ha^{-1} , na fração galhos, em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES, em diferentes tratamentos.	58
Tabela 9 – Atributos químicos do solo nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm, em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES.	61
Tabela 10 – Média dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-5 cm, nos seis tratamentos estudados, na RNV, Linhares, ES.	63
Tabela 11 – Tratamentos utilizados no estudo de redistribuição de nutrientes das espécies <i>Bixa arborea</i> Huber. e <i>Joannesia princeps</i> Vell., na RNV, Linhares, ES.	84
Tabela 12 – Teores médios dos nutrientes em folhas de <i>Joannesia princeps</i> Vell. e <i>Bixa arborea</i> Huber. nos três tratamentos estudados, na RNV, Linhares, ES	88
Tabela 13 – Teores médios de macro e micronutrientes em folhas de diferentes estágios fenológicos de <i>Joannesia princeps</i> Vell. e <i>Bixa arborea</i> Huber., em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES.	89
Tabela 14 – Redistribuição de nutrientes em folhas de <i>Joannesia princeps</i> Vell. e <i>Bixa arborea</i> Huber., em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES.	93
Tabela 15 – Redistribuição de nutrientes em outras tipologias florestais.	97

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Localização do experimento na Reserva Natural Vale, em Linhares, ES. 20
- Figura 2 – Média mensal histórica (1977 – 2012) de temperatura e precipitação da região do estudo, em Linhares, ES. 22
- Figura 3 – Média mensal de temperatura e precipitação do ano de 2013 na região do estudo, em Linhares, ES. 22
- Figura 4 – Croqui da área e localização de cada tratamento nos blocos experimentais, RNV, Linhares, ES. 24
- Figura 5A – Ilustração esquemática dos pontos de coleta da serapilheira acumulada nas parcelas experimentais, na RNV, Linhares, ES. Figura 5B – Gabarito de madeira utilizado na coleta de serapilheira acumulada. 40
- Figura 6A - Ilustração esquemática dos pontos de coleta de solo nas parcelas experimentais, na RNV, Linhares, ES. Figura 6B - Material utilizado na coleta de solo. 42
- Figura 7 – Biomassa (Mg ha^{-1}) das frações (folhas/miscelânea e galhos) da serapilheira acumuladas sobre o solo nos diferentes tratamentos estudados e épocas, na RNV, Linhares, ES. 45
- Figura 8 – Biomassa (Mg ha^{-1}) de serapilheira acumulada sobre o solo nos diferentes tratamentos estudados e épocas, na RNV, Linhares, ES. 46
- Figura 9 – Comportamento dos atributos químicos do solo nas profundidades estudadas (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm), na RNV, Linhares, ES. 65
- Figura 10 - Coletores de serapilheira utilizados no trabalho. 85

LISTA DE ABREVIações

CCA-UFES Santo	Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo
cmolc dm ⁻³	Centimol carga por decímetro cúbico
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ES	Espírito Santo
FM	Folhas maduras
FS	Folhas senescentes
g cm ⁻³	Grama por centímetro cúbico
g kg ⁻¹	Grama por quilo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCAPER Rural	Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
kg ha ⁻¹	Quilograma por hectare
mg dm ⁻³	Miligrama por decímetro cúbico
Mg ha ⁻¹	Megagrama por hectare
MO	Matéria orgânica do solo
mol	Molar
PVC	Policloreto de polivinila
RNV	Reserva Natural Vale
SB	Soma de Bases

LISTA DE SÍMBOLOS

Al	Alumínio elementar trocável
C _{org}	Carbono orgânico
Ca	Cálcio
Cu	Cobre
Fe	Ferro
H ⁺	Hidrogênio trocável ou disponível
H+Al	Acidez potencial
HCl	Ácido clorídrico
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
H ₃ PO ₄	Ácido fosfórico
K	Potássio
KCl	Cloreto de potássio
K ₂ Cr ₂ O ₇	Dicromato de potássio
m	Saturação por Alumínio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
N	Nitrogênio
NaOH	Hidróxido de sódio
P	Fósforo
r	Coefficiente de Correlação
T	Capacidade de troca catiônica potencial
t	Capacidade de troca catiônica efetiva
V	Saturação por Bases
Zn	Zinco

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO GERAL	18
2. MATERIAL E MÉTODOS	20
2.1. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EM ESTUDO.....	20
2.1.1. Descrição dos tratamentos.....	23
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
CAPÍTULO I - SERAPILHEIRA ACUMULADA E FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DE FLORESTA OMBRÓFILA Densa DAS TERRAS BAIXAS	33
RESUMO	34
ABSTRACT	36
1. INTRODUÇÃO	38
2. MATERIAL E MÉTODOS	40
2.1. COLETA E PROCESSAMENTO DA SERAPILHEIRA ACUMULADA.....	40
2.2. COLETA E ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO.....	42
2.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	43
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
3.1. BIOMASSA DA SERAPILHEIRA ACUMULADA.....	45
3.2. TEORES DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA ACUMULADA.....	49
3.3. CONTEÚDO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA ACUMULADA.....	54
3.4. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	59
4. CONCLUSÕES	69
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
CAPÍTULO II - TEOR E REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DE <i>BIXA ARBOREA</i> HUBER. E <i>JOANNESIA PRINCEPS</i> VELL EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DE FLORESTA OMBRÓFILA Densa DAS TERRAS BAIXAS	79
RESUMO	80
ABSTRACT	81
1. INTRODUÇÃO	82
2. MATERIAL E MÉTODOS	84
2.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO.....	84
2.2. COLETA E PROCESSAMENTO DO MATERIAL VEGETAL.....	84
2.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	86
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	88
3.1. TEORES DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DE <i>JOANNESIA PRINCEPS</i> VELL. E <i>BIXA ARBOREA</i> HUBER.	88
3.2. REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DE <i>JOANNESIA PRINCEPS</i> VELL. E <i>BIXA ARBOREA</i> HUBER.....	93
4. CONCLUSÃO	99
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
CONSIDERAÇÕES FINAIS	104

1. INTRODUÇÃO GERAL

A Mata Atlântica destaca-se como um dos biomas mais importantes do mundo. Tamanha relevância advém do fato de ser abrigo de uma expressiva parcela da diversidade biológica do Brasil, com elevados níveis de endemismo. Estima-se que este bioma possua cerca de 20.000 espécies de plantas vasculares, sendo que frequentemente novas espécies e até mesmo gêneros são ainda descritos pela ciência para a região (MITTERMEIER et al., 2004; SOBRAL; STEHMANN, 2009).

Contudo, após séculos de exploração e degradação, cerca de 95% da cobertura florestal foi suprimida (EMBRAPA, 2012), gerando intenso processo de fragmentação da Floresta Atlântica, o que é uma grande ameaça à biodiversidade, dado que muitas espécies necessitam de florestas pouco perturbadas e fragmentadas para sobreviver (RIBEIRO et al., 2009).

No Estado do Espírito Santo a maior parte dos remanescentes florestais de Mata Atlântica encontra-se fragmentado, disposto em uma espécie de manchas de tamanhos variados (PEIXOTO et al. 2008). A ocupação desordenada e não planejada do solo espírito-santense é um mal recorrente desde os primórdios da colonização. Na região Norte a ação antrópica foi intensa, em especial, na segunda metade do século XX, por meio da extração de madeira, cafeicultura e formação de pastagens, com consequências sobre a biodiversidade e a oferta hídrica (NOGUEIRA et al., 2001).

Assim, apesar do histórico e do cenário de fragmentação apresentado para o Estado, a Reserva Natural Vale juntamente à Reserva Biológica de Sooretama, constitui o maior maciço florestal do Espírito Santo, totalizando 45.787 ha, o que corresponde a cerca de 1% do território estadual, 24,6% da cobertura atual (4,4% da cobertura original), representando um dos poucos remanescentes significativos e importantes para a conservação e proteção da biodiversidade da Floresta de Tabuleiros (EMBRAPA, 2012; MENDES, 1995).

Destaca-se ainda que a relevância deste remanescente de Floresta de Tabuleiro do Norte do Espírito Santo não se deve apenas ao representativo tamanho, mas também à grande diversidade vegetal, o que o colocou entre os

quatorze centros de maior diversidade de plantas do Brasil (PEIXOTO; SILVA, 1997; DAVIS et al., 1997).

Considerando a questão da fragmentação da Mata Atlântica no Espírito Santo e a importância que o remanescente florestal de Tabuleiro do Norte do Estado representa, é fundamental traçar estratégias e medidas para a manutenção e ampliação (por meio de restauração florestal, principalmente) destes recursos naturais. Acredita-se que a base para o estabelecimento de tais medidas possa ser proveniente, primordialmente, de pesquisas e levantamentos científicos, abordando os diferentes aspectos ecológicos, tais como a composição, estrutura, funcionalidade deste tipo florestal e a ciclagem de nutrientes. Assim, tanto em florestas nativas quanto em florestas em via de recuperação, os estudos científicos possibilitam o entendimento do comportamento das características inerentes ao ecossistema, fundamentando as tomadas de decisão, no sentido de subsidiar a escolha da melhor estratégia de manejo ou técnica.

Ainda neste contexto, estudos que envolvem a ciclagem de nutrientes são essenciais e precisam ser realizados, visto que possibilitam compreender a dinâmica nutricional das florestas, dando base à detecção de potenciais alterações ambientais.

Estudos relacionados à ciclagem de nutrientes, por meio da quantidade e qualidade da serapilheira, da sazonalidade, dos atributos químicos do solo e da redistribuição de nutrientes (eficiência na utilização), possibilitam a geração de informações que auxiliam na escolha de espécies florestais para o reflorestamento com espécies nativas (CALDEIRA et al., 2008), bem como para a restauração florestal. Além do mais, possibilitam diagnosticar o estado funcional de uma dada área em processo de restauração florestal.

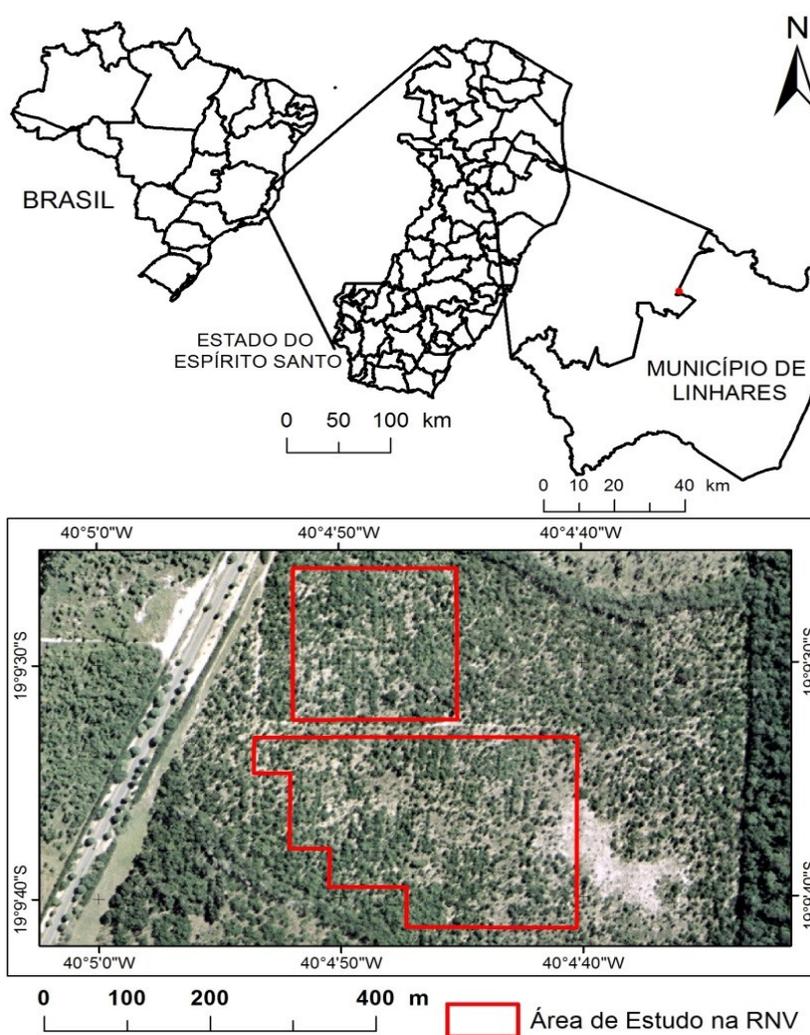
Diante do exposto, o presente trabalho foi dividido em dois capítulos, os quais tratam da ciclagem de nutrientes em duas diferentes abordagens. O primeiro capítulo trata do estudo da serapilheira acumulada e dos atributos químicos do solo em seis diferentes metodologias empregadas na restauração de Floresta de Tabuleiros. O segundo capítulo, trata do estudo dos teores e da redistribuição de nutrientes de duas espécies (*Bixa arborea* Huber. e *Joannesia princeps* Vell.) de relevante interesse na restauração de áreas degradadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EM ESTUDO

O estudo foi realizado na Reserva Natural da Vale (RNV), localizada no município de Linhares, região Nordeste do estado do Espírito Santo, nas coordenadas $19^{\circ}11'30''$ S e $40^{\circ}05'46''$ W (Figura 1), entre março de 2013 e janeiro de 2014.

Figura 1 - Localização do experimento na Reserva Natural Vale, em Linhares, ES.



Fonte: o autor

A vegetação nativa da RNV é classificada como Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas (IBGE, 2012), comumente chamada de Floresta de Tabuleiros. Segundo Rizzini (1997) a Floresta de Tabuleiros ocorre em uma faixa litorânea desde Pernambuco até o Rio de Janeiro, tendo como área central a região que vai do sul da Bahia até o norte do Espírito Santo. O nome tabuleiro refere-se à topografia, dado que se trata de uma faixa quase plana ou suavemente ondulada, elevando-se de 20 a 200 metros acima do nível do mar (PAULA; SOARES, 2011).

A região possui relevo com altitudes variáveis entre em 28 e 65 m, caracterizado por uma sequência de colinas tabulares, entrecortadas por vales amplos e rasos (SUGUIO et al., 1982). Em relação, especificamente, ao local do projeto de restauração, ele foi alocado em uma área plana, não havendo consideráveis variações topográficas entre as unidades amostrais.

O solo é classificado como Argissolo Amarelo Distrocoeso, originário de sedimentos terciário (barreiras), característicos de regiões de relevo plano a suave ondulado (SPERANDIO, 2013). É constituído de minerais com horizonte A moderado, presença de B textural, porosos, bem drenados com textura variando de arenosa a média no horizonte A e média a argilosa no horizonte B (SANTOS et al., 2004). Na tabela 1 pode-se observar a análise granulométrica de uma área vizinha à do presente estudo.

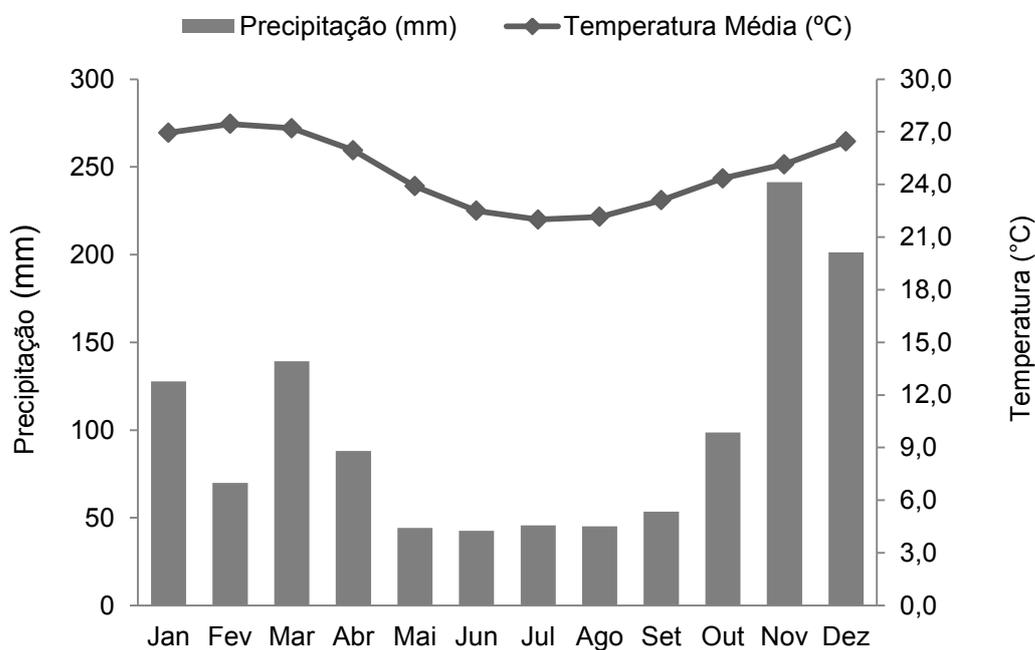
Tabela 1 – Análise granulométrica do solo em quatro profundidades, na RNV, Linhares, ES.

Profundidade	Argila	Silte	Areia total
cm		%	
0-5	11,7	1,8	86,5
5-10	12,0	1,9	86,1
10-20	13,2	1,6	85,2
20-40	17,3	2,0	80,7

Fonte: Klippel (2011), adaptado pelo autor

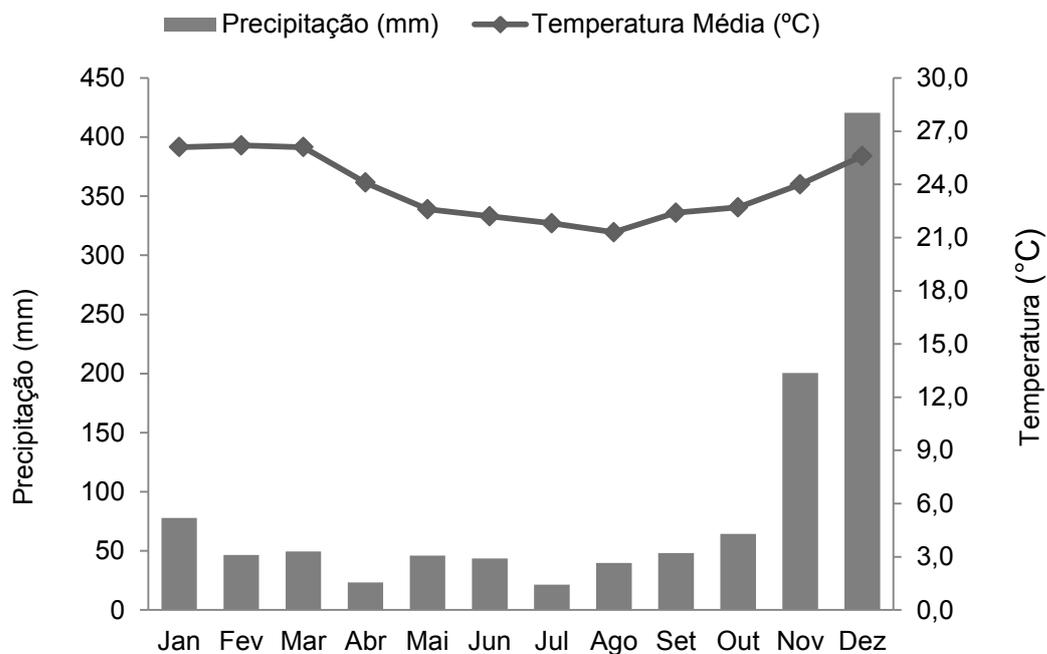
Segundo a classificação de Köppen, a região possui um clima quente e úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno, que corresponde ao tipo Aw (PEIXOTO et al., 2008). A precipitação pluviométrica média anual é de 1202 mm e a temperatura média anual de 23,3 °C (Figuras 2 e 3) (SPERANDIO, 2013).

Figura 2 – Média mensal histórica (1977 – 2012) de temperatura e precipitação da região do estudo, em Linhares, ES.



Fonte: INCAPER – Agrometeorologia

Figura 3 – Média mensal de temperatura e precipitação do ano de 2013 na região do estudo, em Linhares, ES.



Fonte: INCAPER – Agrometeorologia

Até a década de 80, a área do experimento de restauração era ocupada por povoamento de *Eucalyptus* sp. Após o seu corte, foi ocupada espontaneamente por gramíneas forrageiras do gênero *Urochloa* spp e alguns arbustos, provenientes da regeneração natural, ficando a área sem qualquer utilização por vinte e cinco anos.

Em dezembro de 2004 iniciou-se o projeto de restauração, com a roçada e capina química da gramínea forrageira. No mesmo ano, foi realizado o preparo do solo via coveamento manual (0,30 m x 0,30 m x 0,30 m), com fertilização em cova de 200 g superfosfato simples. Iniciou-se o plantio das mudas em janeiro de 2005.

No final de 2005, no período que correspondeu ao início da estação chuvosa da região, realizou-se o replantio das mudas não sobreviventes. Foram realizadas periódicas manutenções (capina química e controle de formigas), até o quinto ano do projeto.

2.1.1. Descrição dos tratamentos

Foram avaliados seis tratamentos, em um delineamento em blocos casualizados, com três repetições, totalizando dezoito parcelas de 50 x 50 m cada, em uma área de 4,5 ha (Figura 4).

Nos tratamentos foram testadas as combinações de dois fatores: espaçamento e riqueza (Tabela 2). Os espaçamentos utilizados foram 2 x 2 m (2500 plantas por ha) e 3 x 3 m (1111 plantas por ha). O parâmetro de riqueza utilizado consistiu na quantidade de espécies por tratamento. Foram utilizadas três diferentes riquezas: I – 29 espécies; II – 58 espécies; III – 114 espécies.

Figura 4 – Croqui da área e localização de cada tratamento nos blocos experimentais, RNV, Linhares, ES.



Fonte: o autor

Tabela 2- Caracterização dos tratamentos – combinação dos fatores espaçamento e riqueza.

Tratamento	Espaçamento (m)	Riqueza*
1	2 x 2	29
2	2 x 2	58
3	2 x 2	114
4	3 x 3	29
5	3 x 3	58
6	3 x 3	114

*Número de espécies

Fonte: Reserva Natural Vale, adaptado pelo autor

Foram plantadas nos seis tratamentos, ao todo, 170 espécies florestais nativas da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, distribuídas em 41 famílias (Tabela 3). Em cada tratamento as espécies usadas tiveram igual proporção entre

os grupos ecofisiológicos (pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax).

Destaca-se, no entanto, que as espécies apresentadas na Tabela 3 representam uma listagem geral, utilizadas na área total do projeto de restauração. Assim, não é possível distinguir quais espécies foram plantadas em cada tratamento.

Tabela 3 – Famílias e respectivas espécies florestais utilizadas nos seis tratamentos do projeto de restauração, na RNV, Linhares, ES.

FAMÍLIA	ESPÉCIE
ACHARIACEAE	<i>Carpotroche brasiliensis</i> (Raddi) A.Gray
	<i>Astronium</i> sp.
	<i>Astronium concinnum</i> Schott
ANACARDIACEAE	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.
	<i>Spondias purpurea</i> L.
	<i>Spondias venulosa</i> (Engl.) Engl.
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.
	<i>Aspidosperma cylindrocarpon</i> Müll.Arg.
	<i>Aspidosperma pyricollum</i> Müll.Arg.
APOCYNACEAE	<i>Geissospermum laeve</i> (Vell.) Miers
	<i>Himatanthus bracteatus</i> (A.DC.) Woodson
	<i>Macoubea guianensis</i> Aubl.
ARECACEAE	<i>Syagrus botryophora</i> (Mart.) Mart.
	<i>Cybistax antisyphilitica</i> (Mart.) Mart.
	<i>Handroanthus arianae</i> (A.H.Gentry) S.O.Grose
	<i>Handroanthus cristatus</i> (A.H.Gentry) S.O.Grose
	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos
	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos
BIGNONIACEAE	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O.Grose
	<i>Paratecoma peroba</i> (Record) Kuhlmann
	<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K.Schum.
	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith
	<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.
BIXACEAE	<i>Bixa arborea</i> Huber.
BORAGINACEAE	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken
	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.
BURSERACEAE	<i>Crepidospermum atlanticum</i> Daly
	<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand
CANNABACEAE	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume
CARICACEAE	<i>Jacaratia heptaphylla</i> (Vell.) A. DC.
CELASTRACEAE	<i>Maytenus obtusifolia</i> Mart.
CALOPHYLLACEAE	<i>Kielmeyera membranacea</i> Casar.
	<i>Buchenavia pabstii</i> Marquete & C.Valente
COMBRETACEAE	<i>Terminalia argentea</i> Mart.
	<i>Terminalia kuhlmannii</i> Alwan & Stace
CORDIACEAE	<i>Cordia magnoliaefolia</i> Cham.
EBENACEAE	<i>Diospyros inconstans</i> Jacq.
EUPHORBIACEAE	<i>Croton floribundus</i> Spreng.

Continua...

Tabela 3, continuação:

FAMÍLIA	ESPÉCIE
EUPHORBIACEAE	<i>Glycydendron espiritosantense</i> Kuhlm. <i>Joannesia princeps</i> Vell.
	<i>Abarema barnebyana</i> Iganci & M.P.Morim <i>Andira anthelmia</i> (Vell.) J.F.Macbr. <i>Andira fraxinifolia</i> Benth. <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr. <i>Bauhinia forficata</i> Link <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth <i>Caesalpinia echinata</i> Lam. <i>Chamaecrista ensiformis</i> (Vell.) H.S.Irwin & Barneby <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. <i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Benth. <i>Deguelia longeracemosa</i> (Benth.) A.M.G.Azevedo <i>Dimorphandra</i> sp. <i>Dimorphandra jorgei</i> M.F.Silva <i>Diploptropis incexis</i> Rizzini & A.Mattos <i>Goniorrhachis marginata</i> Taub. <i>Grazilodendron rio-docensis</i> H.C.Lima <i>Hymenaea aurea</i> Lee & Langenh.
FABACEAE	<i>Hymenaea courbaril</i> var. <i>stilbocarpa</i> (Hayne) Lee & Langenh. <i>Hymenaea rubriflora</i> Ducke <i>Inga cabelo</i> T.D.Penn. <i>Inga cylindrica</i> (Vell.) Mart. <i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd. <i>Inga striata</i> Benth. <i>Inga thibaudiana</i> DC. <i>Libidibia ferrea</i> var. <i>parvifolia</i> (Benth.) L.P.Queiroz <i>Machaerium brasiliense</i> Vogel <i>Machaerium fulvovenosum</i> H.C.Lima <i>Macrolobium latifolium</i> Vogel <i>Melanoxylon brauna</i> Schott <i>Moldenhawera papillanthera</i> L.P. Queiroz, G.P. Lewis & Allkin <i>Myrocarpus fastigiatus</i> Allemao <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms <i>Parapiptadenia pterosperma</i> (Benth.) Brenan <i>Parkia pendula</i> (Willd.) Walp. <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub. <i>Platypodium elegans</i> Vogel <i>Pseudopiptadenia contorta</i> (DC.) G.P.Lewis & M.P.Lima

Continua...

Tabela 3, continuação:

FAMÍLIA	ESPÉCIE
FABACEAE	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake
	<i>Senna multijuga</i> var. <i>verrucosa</i> (Vogel) H.S. Irwin & Barneby
	<i>Vatairea heteroptera</i> (Allemão) F.A.Iglesias
HYPERICACEAE	<i>Vismia</i> sp.
ICACINACEAE	<i>Emmotum nitens</i> (Benth.) Miers
LAMIACEAE	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) B.D.Jacks.
	<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke
LAURACEAE	<i>Ocotea argentea</i> Mez
	<i>Ocotea fasciculata</i> (Nees) Mez
	<i>Ocotea spectabilis</i> (Meisn.) Mez
	<i>Ocotea velutina</i> (Nees) Mart. ex B.D.Jacks.
LECYTHIDACEAE	<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze
	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze
	<i>Couratari asterotricha</i> Prance
	<i>Lecythis lanceolata</i> Poir.
MALPIGHIACEAE	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.
	<i>Byrsonima cacaophila</i> W.R.Anderson
MALVACEAE	<i>Byrsonima sericea</i> DC.
	<i>Basiloxylon brasiliensis</i> (Allemão) K. Schum.
	<i>Ceiba pubiflora</i> (A.St.-Hil.) K.Schum.
	<i>Eriotheca candolleana</i> (K.Schum.) A.Robyns
	<i>Hydrogaster trinervis</i> Kuhl.
	<i>Pachira stenopetala</i> Casar.
	<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A. Robyns var. <i>majus</i> A. Robyns
	<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A.Robyns
	<i>Quararibea penduliflora</i> K. Schum.
	<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H.Karst.
	<i>Sterculia excelsa</i> Mart.
MELASTOMATACEAE	<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin
MELIACEAE	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.
	<i>Cedrela odorata</i> L.
	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer
	<i>Trichilia lepidota</i> subsp. <i>schumanniana</i> (Harms) T.D. Penn
MORACEAE	<i>Brosimum glaucum</i> Taub.
	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.
	<i>Ficus clusiifolia</i> Schott
	<i>Ficus gomelleira</i> Kunth & C.D.Bouché
	<i>Ficus pertusa</i> L.f.

Continua...

Tabela 3, continuação:

FAMÍLIA	ESPÉCIE
MORACEAE	<i>Sorocea guillemiana</i> Gaudich. <i>Calyptranthes brasiliensis</i> Spreng. <i>Campomanesia espiritosantensis</i> Landrum <i>Eugenia</i> sp. 1 <i>Eugenia</i> sp. 2 <i>Eugenia astringens</i> Cambess. <i>Eugenia brasiliensis</i> Lam. <i>Eugenia bunchosiifolia</i> Nied. <i>Eugenia fluminensis</i> O.Berg <i>Eugenia involucrata</i> DC.
MYRTACEAE	<i>Eugenia sulcata</i> Spring ex Mart. <i>Myrcia ovata</i> Cambess. <i>Myrcia racemosa</i> (O.Berg) Kiaersk. <i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC. <i>Neomitranthes langsdorffii</i> (O.Berg) Mattos <i>Plinia grandifolia</i> (Mattos) Sobral <i>Plinia involucrata</i> (O.Berg) McVaugh <i>Plinia renatiana</i> G.M.Barroso & Peixoto <i>Psidium guineense</i> Sw. <i>Psidium longipetiolatum</i> D.Legrand
NYCTAGINACEAE	<i>Guapira pernambucensis</i> (Casar.) Lundell
PHYLLANTHACEAE	<i>Margaritaria nobilis</i> L.f.
PHYTOLACCACEAE	<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms
PRIMULACEAE	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.
PUTRANJIVACEAE	<i>Drypetes</i> sp.
RHIZOPHORACEAE	<i>Paradrypetes ilicifolia</i> Kuhlman. <i>Chomelia pubescens</i> Cham. & Schltdl. <i>Genipa infundibuliformis</i> Zappi & Semir <i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Schult. <i>Riodocea pulcherrima</i> Delprete <i>Simira sampaioana</i> (Standl.) Steyerem.
SALICACEAE	<i>Casearia</i> sp. <i>Xylosma prockia</i> (Turcz.) Turcz. <i>Allophylus laevigatus</i> (Turcz.) Radlk. <i>Cupania emarginata</i> Cambess. <i>Cupania vernalis</i> Cambess.
SAPINDACEAE	<i>Dilodendron elegans</i> (Radlk.) A.H.Gentry & Steyerem. <i>Matayba guianensis</i> Aubl. <i>Melicoccus espiritosantensis</i> Acev.-Rodr.

Continua...

Tabela 3, continuação:

FAMÍLIA	ESPÉCIE
SAPINDACEAE	<i>Melicoccus oliviformis</i> subsp. <i>intermedius</i> (Radlk.) Acev.-Rodr.
	<i>Pseudima frutescens</i> (Aubl.) Radlk.
	<i>Toulicia patentinervis</i> Radlk.
SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.
	<i>Chrysophyllum lucentifolium</i> Cronquist
	<i>Manilkara salzmannii</i> (A.DC.) H.J.Lam
	<i>Manilkara subsericea</i> (Mart.) Dubard
	<i>Pouteria bangii</i> (Rusby) T.D.Penn.
	<i>Pouteria butyrocarpa</i> (Kuhl.) T.D.Penn.
	<i>Pouteria coelomatica</i> Rizzini
<i>Pradosia lactescens</i> (Vell.) Radlk.	
URTICACEAE	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul
VIOLACEAE	<i>Rinorea bahiensis</i> (Moric.) Kuntze
VOCHYSIACEAE	<i>Qualea cryptantha</i> (Spreng.) Warm.

Fonte: Reserva Natural Vale, adaptado pelo autor.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico da vegetação brasileira**. 2ª edição. Rio de Janeiro. 271 p. 2012.

KLIPPEL, V. H. **Avaliação de métodos de restauração florestal de Mata Atlântica de Tabuleiros**. Jerônimo Monteiro: UFES, 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2011.

MITTERMEIER, R.A.; GIL, P.R.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, J.; MIITERMEIER, C.G.; LAMOURUX, J.; FONSECA, G.A.B. (eds.). **Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions**. Washington, DC: Cemex, 2004. 390p.

SOBRAL, M.; STEHMANN, J.R. An analysis of new angiosperm species discoveries in Brazil (1990-2006). **Táxon**, v.58, n.1, p.1-6, 2009.

PAULA, A. de.; SOARES, J. J. Estrutura horizontal de um trecho de floresta ombrófila densa de terras baixas na reserva biológica de Sooretama, Linhares, ES. **Floresta**, v. 41, n. 2, p. 321-334, Abr/jun, 2011.

PEIXOTO, A.L.; SILVA, I.M; PEREIRA, O.J.; SIMONELLI, M.; JESUS, R.M; ROLIM, S.G. Tabuleiro Forests North of the Rio Doce: Their representation in the Vale do Rio Doce Natural Reserve, Espírito Santo, Brazil. In: THOMAS, W.W. (ed.). **The Atlantic Costal Forest of Northeastern Brazil**. New York: The New York Botanical Garden Press, 2008. p. 313-344.

PEIXOTO, A. L.; SILVA, I. M. Tabuleiro forest of northern Espírito Santo - south-eastern Brazil. In: DAVIS, S. D.; HEYWOOD, V. H.; HERRERA-KMACBRYDE; O. VILLA-LOBOS, J.; HAMILTONS, A. C. (Eds.). **Centres of Plant Diversity** - a guide and strategy for their conservation. WWF e IUCN, v. 3. 1997. p. 369 - 372.

RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.J.; HIROTA, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, Barking, v.142, p.1141-1153, 2009.

RIZZINI, C. T. Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997. 747 p.

SANTOS, R. D.; BARRETO, W.O; ARAÚJO, W. S. A; CLAESSEN, M. E. C.; PAULA, J. L.; SOUZA, J. L. R.; PÉREZ, D. V.; SOUZA, J. S. **Levantamento expedito dos solos das Reservas Florestais de Linhares e Sooretama no estado do Espírito Santo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004. 66 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 49).

SPERANDIO, H. V. *Tephrosia cândida* D. C. e *Mimosa velloziana* Mart: **biomassa, serapilheira e fertilidade do solo**. Jerônimo Monteiro: UFES, 2013. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2013.

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. L. M. Evolução da planície costeira do Rio Doce (ES) durante o quaternário: influência das flutuações do nível do mar. In: **Anais** do Simpósio Quaternário no Brasil, Anais 4, Rio de Janeiro. São Paulo: ACIESP, 1982.

MENDES, S. L. Importância dos remanescentes de Mata Atlântica no Estado do Espírito Santo para a conservação de primatas. **Cadernos de Pesquisa da UFES**, 1995. v. 4, p. 1-14.

CAPÍTULO I

SERAPILHEIRA ACUMULADA E FERTILIDADE DO SOLO EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS

RESUMO

Estudos em áreas em via de restauração são imprescindíveis, sobretudo aqueles que propiciam o entendimento das relações diretas entre a vegetação e o ambiente, como os relacionados à ciclagem de nutrientes. As informações geradas são fundamentais, pois poderão subsidiar novas propostas de restauração e nortear tomadas de decisão. Assim, neste capítulo objetivou-se avaliar a serapilheira acumulada (em duas épocas) e os atributos químicos do solo, em diferentes tratamentos empregados na restauração de uma Floresta de Tabuleiros, localizada na Reserva Natural Vale, em Linhares, ES. Foram avaliados seis tratamentos, os quais consistiram da combinação dos fatores espaçamento (3x3 m e 2x2 m) e riqueza de espécies (29, 58 e 114 espécies por tratamento). A coleta de serapilheira acumulada ocorreu em março e em agosto de 2013, época de maior temperatura e precipitação e época de menor temperatura e precipitação, respectivamente, com o auxílio de um gabarito de madeira de dimensões 0,25 x 0,25 m. Após secagem em estufa, as amostras de serapilheira acumulada foram separadas nas frações folhas/miscelânea e galhos e, posteriormente, pesadas, trituradas e submetidas à análise química para determinação dos teores dos nutrientes. A partir dos valores de biomassa e dos teores de nutrientes foram calculados os conteúdos de nutrientes. Para os atributos químicos do solo, as amostras foram retiradas nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm com o auxílio de uma sonda de coleta de solos, sendo realizada uma única coleta em março de 2013. Após análise de rotina, foram determinados os atributos químicos do solo. Para análise dos valores de biomassa e de teores de nutrientes da serapilheira acumulada, o delineamento utilizado foi blocos ao acaso, em um esquema de parcelas subdivididas no tempo. Para análise dos atributos químicos do solo, o delineamento utilizado foi blocos ao acaso. Os tratamentos, de maneira geral, não influenciaram na serapilheira acumulada e nos atributos químicos do solo, inferindo que o tempo (nove anos) decorrido entre a implantação da restauração e a coleta dos dados do presente estudo, pode ter sido insuficiente para a ocorrência de diferenças. O maior acúmulo de biomassa e teor de nutrientes das frações da serapilheira ocorreu na época de menor temperatura e precipitação. O baixo acúmulo de biomassa e conteúdo de

nutrientes da serapilheira, associados à baixa fertilidade do solo indicam que o projeto de restauração encontra-se dentro dos padrões de ecossistemas em via de recuperação.

Palavras-chave: Biomassa acumulada, teor de nutrientes, conteúdo de nutrientes, atributos químicos do solo, restauração florestal.

ABSTRACT

Studies in areas through restoration are essential, especially those that provide an understanding of the direct relationship between vegetation and the environment, as those related to nutrient cycling. The information generated is fundamental, because it can support new proposals to restore and guide decision making. So, this chapter aimed to evaluate the accumulated litter (in two seasons) and soil chemical properties in different treatments employed in the restoration of a forest Tablelands, located in Vale Nature Reserve in Linhares, ES. Six treatments were evaluated, which included a combination of factors spacing (3x3 m and 2x2 m) and species richness (29, 58 and 114 species per treatment). The collection of accumulated litter occurred in March and August 2013, the time of highest temperature and precipitation, and then lower temperature and rainfall, respectively, with the aid of a wooden template of dimensions 0,25 x 0,25 m. After oven drying, the samples accumulated litter were separated into leaves / branches and miscellany, and subsequently weighed, crushed and subjected to chemical analysis to determine the levels of nutrients. From the values of biomass and nutrient levels, nutrient content were calculated. For the soil chemical properties, the samples were taken at depths of 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm and 20-40 with the aid of an auger to collect soil, being held in a single collecting in March 2013. After routine analysis, were determined the soil chemical properties. For analysis of the amounts of biomass and nutrient levels of litter accumulated, the design utilized was a randomized block design in a split plot arrangement in time. For analysis of soil chemical properties, the design utilized was a randomized block design. Treatments, in general, did not influence the accumulated litter and soil chemical properties, inferring that time (nine years) elapsed between the implementation of restoration and data collection of this study may have been insufficient for the occurrence of differences. The greatest accumulation of biomass and nutrient content of the litter fractions occurred at the time of lowest temperature and precipitation. There was no correlation between the contents of N, P, K, Ca and Mg of litter with the levels of these nutrients in the soil. The low accumulation of litter and return of nutrients to the soil, associated with low

soil fertility indicated that the restoration project is close to the patterns of ecosystems in the process of recovery.

Keywords: Accumulated biomass, nutrient levels, nutrient contents, soil chemical properties, forest restoration.

1. INTRODUÇÃO

A restauração florestal é uma importante estratégia na reconstituição de ecossistemas antropizados. Consiste de intervenções promovidas no intuito de recompor os processos funcionais de determinado ecossistema degradado, de forma a retornar ao processo sucessional natural, conforme as condições edáficas e climáticas do local, o mais próximo possível do sistema original.

Um dos preceitos da restauração é que se tenha prévio conhecimento da área ser restaurada, onde para cada situação encontrada deverão ser utilizadas intervenções diferenciadas. Essas informações também possibilitam adotar práticas economicamente mais viáveis, uma vez que se baseia no potencial de restauração da própria área (BRITZ, 2007).

Muitas das vezes o simples isolamento do local a ser recuperado não é suficiente, devido ao elevado grau de degradação. A recomposição dos teores de matéria orgânica do solo é uma primeira e importante meta a se buscar na restauração ecológica, o que pode ser adquirido por meio do plantio de espécies arbóreas.

O plantio de espécies florestais produz efeito catalítico, provocando mudanças das condições microclimáticas, desenvolvimento da complexidade estrutural da vegetação, das camadas de serapilheira e húmus nos primeiros anos do reflorestamento, gerando dessa maneira condições propícias para a germinação e desenvolvimento das espécies (PARROTA et al., 1997)

Um dos principais desafios da restauração das áreas e que perduram até a atualidade, sempre foi a busca por uma combinação ideal de espécies, espaçamento, densidade e forma de distribuição das mudas no campo, a fim de se atingir o mais brevemente possível o sombreamento do solo pela cobertura de copas, e o controle de gramíneas.

Assim, a criação ou escolha de um modelo de restauração é um processo em constante aprimoramento, que é alimentado pelas informações sobre o ambiente físico e biológico da região, previamente e posteriormente à sua implantação (KAGEYAMA; GANDARA, 2000).

Neste sentido, estudos em áreas em via de restauração tornam-se imprescindíveis, sobretudo aqueles que propiciam o entendimento das relações diretas entre a vegetação e o ambiente, como os relacionados à ciclagem de nutrientes. As informações geradas são fundamentais, pois poderão subsidiar novas propostas de restauração e nortear as tomadas de decisão.

Diante deste contexto, espera-se que, as combinações dos diferentes espaçamentos e riquezas, que consistiram os modelos (tratamentos), utilizados no projeto de restauração de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, da Reserva Natural Vale, em Linhares-ES, promovam diferenças quanto à ciclagem de nutrientes.

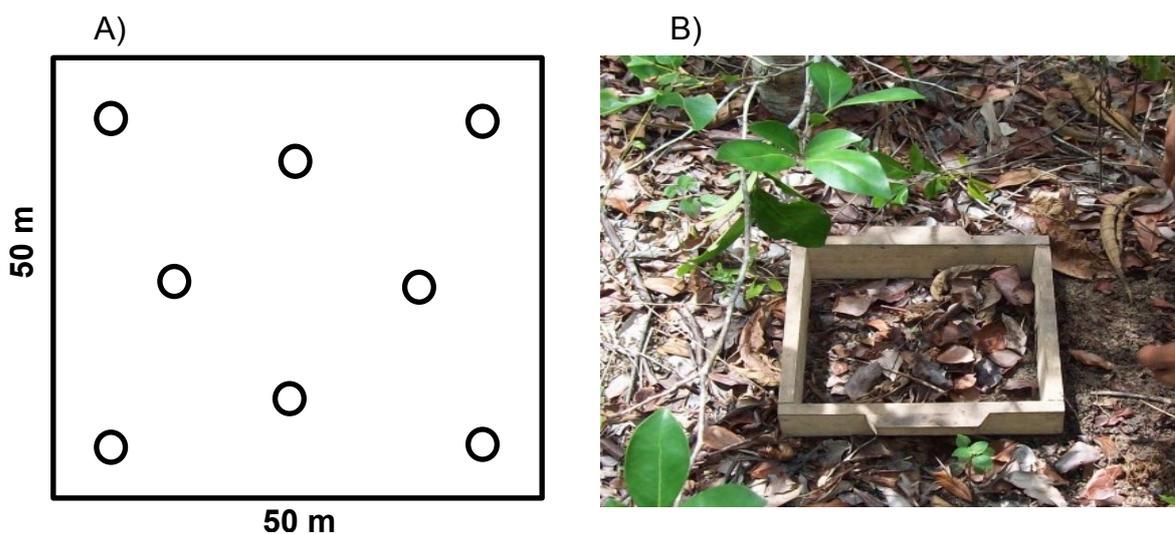
Para verificar esta hipótese, objetivou-se estudar a biomassa, teores e conteúdos de nutrientes da serapilheira acumulada, bem como os atributos químicos do solo, nos diferentes tratamentos aplicados na área.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. COLETA E PROCESSAMENTO DA SERAPILHEIRA ACUMULADA

Em cada uma das dezoito parcelas utilizadas no presente estudo, foram coletadas sobre o piso da floresta, oito amostras de serapilheira acumulada, de forma sistemática (Figura 5A), com o auxílio de um gabarito de madeira de 0,25 m x 0,25 m (Figura 5B), totalizando cento e quarenta e quatro amostras.

Figura 5A – Ilustração esquemática dos pontos de coleta da serapilheira acumulada nas parcelas experimentais, na RNV, Linhares, ES. Figura 5B – Gabarito de madeira utilizado na coleta de serapilheira acumulada.



Fonte: o autor

Devido à existência de duas épocas bem definidas na região estudada (período de menor temperatura e precipitação e período de maior temperatura e precipitação) (Figuras 2 e 3), as coletas foram realizadas em duas ocasiões: em março e em agosto do ano de 2013.

As amostras de serapilheira acumulada coletadas foram separadas em duas frações: a) Fração galhos → constituída por galhos de diâmetros inferiores a 2 cm; b) Fração folhas/miscelânea → constituída por folhas senescentes acumuladas sobre o solo juntamente a materiais vegetais reprodutivos (flores, frutos e

sementes), cascas, restos de animais ou suas fezes, e material não identificado (material fragmentado ou de origem desconhecida).

Após o fracionamento, as amostras foram acondicionadas em sacos de papel pardo para secar em estufa de circulação e renovação de ar a 65 °C, até atingir massa constante, e, em seguida pesadas individualmente em balança de precisão (0,01g), para quantificação da biomassa acumulada em Mg ha⁻¹.

Para a análise química, o material foi triturado em moinho do tipo Wiley, passado em peneira de malha 1,0 mm (20 mesh) e armazenado em frasco de vidro (MIYAZAWA et al., 1999; TEDESCO et al., 1995).

Os teores de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) e micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn, B) da serapilheira acumulada no solo foram analisados no laboratório de Recursos Hídricos do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira/CCA-UFES, seguindo a metodologia proposta pela EMBRAPA (2009). O Nitrogênio (N), após digestão sulfúrica foi determinado pelo método de Kjeldahl. Após digestão nítrico-perclórica, o fósforo (P) foi determinado por colorimetria; o enxofre (S) por turbimetria; o potássio (K) por fotometria de chama; e, cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) por espectrofotometria de absorção atômica.

O conteúdo de nutrientes da serapilheira acumulada sobre o solo foi obtido a partir da biomassa seca encontrada e dos teores dos nutrientes presentes na serapilheira, estimado pela equação a seguir (CUEVAS; MEDINA, 1986):

$$CN = [TN] * BS$$

Em que:

CN – Conteúdo de Nutrientes (kg ha⁻¹);

TN – Teor de Nutrientes da serapilheira (g kg⁻¹ ou mg kg⁻¹);

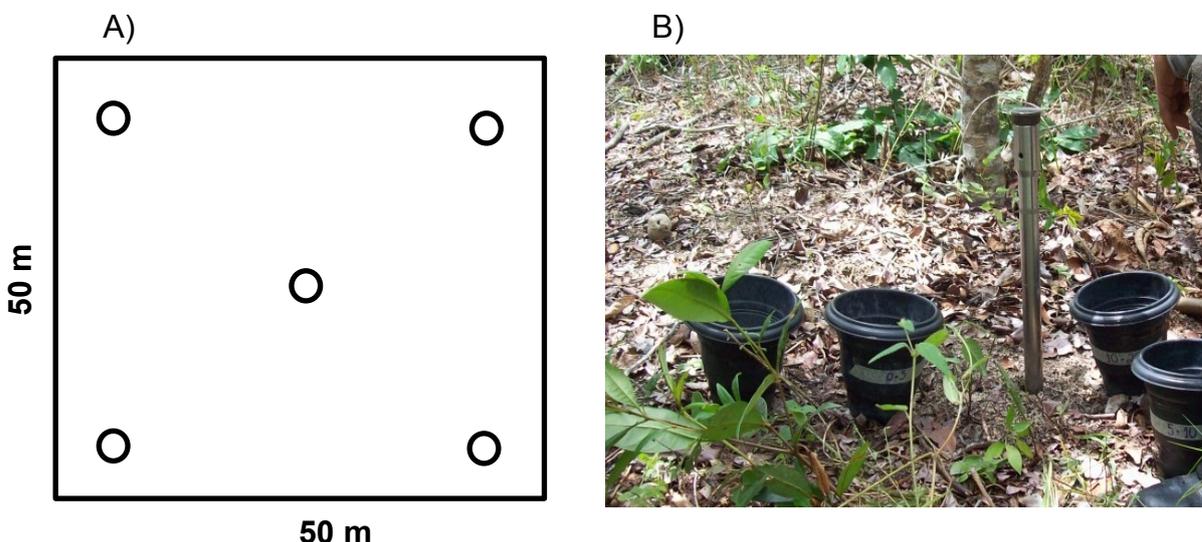
BS – Biomassa seca da serapilheira (Mg ha⁻¹).

2.2. COLETA E ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO

Para analisar o solo nos diferentes tratamentos, em março de 2013 foram coletadas amostras de solo nas profundidades 0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm. Foram coletadas sistematicamente cinco subamostras (amostras simples) em cada profundidade por parcela. A sistematização consistiu na coleta das subamostras nos quatro vértices e no centro da parcela (Figura 6A).

As subamostras de solo retiradas de cada profundidade foram coletadas com o auxílio de uma sonda de coleta de solos e marreta (Figura 6B), e, posteriormente, colocadas em recipientes plásticos previamente identificados. As cinco subamostras coletadas, de cada profundidade, foram misturadas, compondo uma amostra composta para cada parcela. De cada recipiente retirou-se uma amostra composta por parcela em cada profundidade, totalizando assim dezoito amostras compostas.

Figura 6A - Ilustração esquemática dos pontos de coleta de solo nas parcelas experimentais, na RNV, Linhares, ES. Figura 6B - Material utilizado na coleta de solo.



Fonte: o autor

As amostras foram levadas ao Laboratório de Recursos Hídricos do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira/CCA-UFES, onde foram realizadas análise químicas de rotina e carbono orgânico (C_{org}), segundo

metodologia proposta pela EMBRAPA (2009), e, nitrogênio (N), baseado na adaptação de Bremner e Mulvaney (1982) e Tedesco et al., (1995).

O pH do solo foi mensurado pelo método do pH em H₂O, na proporção de 1:2,5. O fósforo (P) e o potássio (K) foram extraídos com solução Melich 1 (mistura de HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹); o P foi determinado por fotocolorímetro (Molibdato de amônio e ácido ascórbico) e o K por fotometria de emissão de chama. O alumínio trocável (Al), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) foram extraídos por solução de KCl (1 mol L⁻¹); O Al teve sua determinação em solução diluída de NaOH (0,025 mol L⁻¹) em presença de solução azul de bromotimol como indicador; Ca e Mg em espectrometria de absorção atômica. A acidez potencial (H+Al) foi extraída por solução tamponada de acetato de cálcio a pH 7 e determinada por solução de NaOH (1 mol L⁻¹) em presença de fenolftaleína como indicador.

O carbono orgânico (C_{org}) foi determinado por meio da titulometria de sulfato ferroso amoniacal (0,05 mol L⁻¹), em presença de difenilamina como indicador, após a oxidação da matéria orgânica com K₂Cr₂O₇ e H₂SO₄.

O nitrogênio (N) foi determinado por digestão sulfúrica e método de Kjeldahl.

A partir dos resultados obtidos, foram calculados a matéria orgânica (MO), a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions efetiva (t), capacidade de troca de cátions potencial (T), saturação por bases (V) e em alumínio (m).

2.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para o estudo da serapilheira acumulada, o delineamento utilizado foi blocos ao acaso, em um esquema de parcelas subdivididas no tempo. As metodologias de restauração (tratamentos) (Tabela 2) foram definidas como sendo as parcelas e as épocas de coleta dos dados de serapilheira acumulada (período de maiores precipitações e período de menores precipitações) as subparcelas, em três blocos (repetições).

Para estudo do solo, foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, A avaliação da ocorrência ou não de diferença entre os tratamentos se deu exclusivamente na profundidade de 0-5 cm.

Previamente à análise estatística, os dados provenientes da biomassa, dos teores e conteúdos de macronutrientes e micronutrientes da serapilheira acumulada e atributos químicos do solo foram submetidos ao teste de normalidade de resíduos de Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade de variâncias de Cochran. Quando os dados dos atributos não apresentaram distribuição normal e/ou heterogeneidade de variância, os mesmos foram transformados de diferentes maneiras, via função logarítmica, raiz quadrada dos dados, raiz quadrada inversa dos dados, ou, exponencial quadrada.

Para averiguar se os efeitos dos métodos de restauração foram significativos sobre os dados estudados, procedeu-se com a análise de variância e teste de F, e, quando significativo, foi realizado o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), para identificar os níveis dos fatores que diferiram estatisticamente entre si.

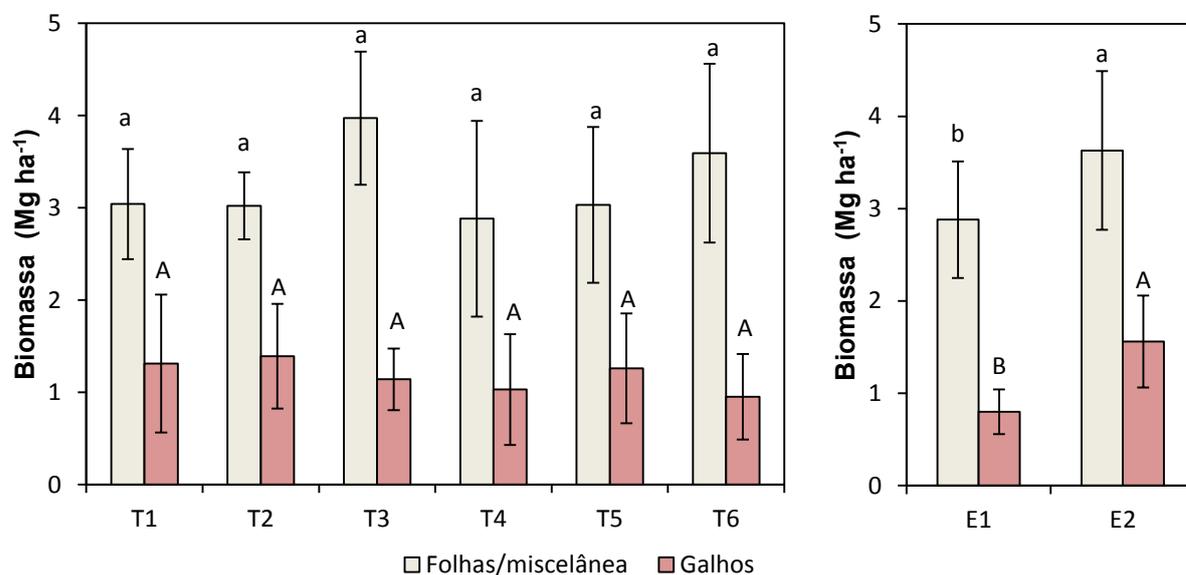
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. BIOMASSA DA SERAPILHEIRA ACUMULADA

A biomassa da serapilheira, bem como as suas frações (galhos e folhas/miscelânea), não apresentaram interação entre os fatores “tratamentos” e “épocas de coleta”.

Analisando individualmente cada fator, verificou-se que entre os tratamentos não houve diferença. Já para as épocas de coleta, observou-se que existe diferença significativa ($p < 0,05$) para as duas frações e para a serapilheira total acumulada, sendo os maiores valores encontrados no período de menor precipitação (Figuras 7 e 8).

Figura 7 – Biomassa (Mg ha^{-1}) das frações (folhas/miscelânea e galhos) da serapilheira acumuladas sobre o solo nos diferentes tratamentos estudados e épocas, na RNV, Linhares, ES.

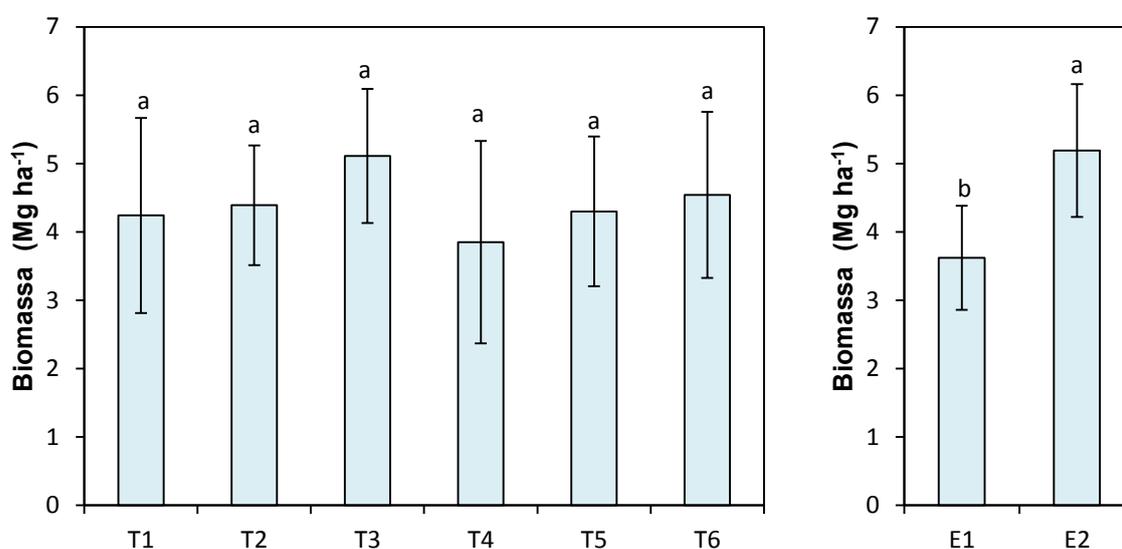


⁽¹⁾ Tratamentos – (T1) riqueza de 29 espécies no espaçamento 2x2 m; (T2) riqueza de 58 espécies no espaçamento 2x2 m; (T3) riqueza de 114 espécies no espaçamento 2x2 m; (T4) riqueza de 29 espécies no espaçamento 3x3 m; (T5) riqueza de 58 espécies no espaçamento 3x3 m; (T6) riqueza de 114 espécies no espaçamento 3x3 m. ⁽²⁾ Época – (E1) período de maior precipitação (mar/2013); (E2) período de menor precipitação (ago/2013).

Barras verticais indicam o desvio padrão da média. Colunas seguidas por uma mesma letra, em minúsculo para a fração folhas/miscelânea e maiúsculo para a fração galhos, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: o autor

Figura 8 – Biomassa (Mg ha^{-1}) de serapilheira acumulada sobre o solo nos diferentes tratamentos estudados e épocas, na RNV, Linhares, ES.



¹⁾ Tratamentos – (T1) riqueza de 29 espécies no espaçamento 2x2 m; (T2) riqueza de 58 espécies no espaçamento 2x2 m; (T3) riqueza de 114 espécies no espaçamento 2x2 m; (T4) riqueza de 29 espécies no espaçamento 3x3 m; (T5) riqueza de 58 espécies no espaçamento 3x3 m; (T6) riqueza de 114 espécies no espaçamento 3x3 m. ⁽²⁾ Época – (E1) período de maior precipitação (mar/2013); (E2) período de menor precipitação (ago/2013).

Barras verticais indicam o desvio padrão da média. Colunas seguidas por uma mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$) pelo teste de Scott-Knott.

Fonte: o autor

Apesar de os tratamentos serem compostos por diferentes quantidades de espécies, a proporção de grupos sucessionais é a mesma para todos eles (25 % de pioneiras, 25 % de secundárias iniciais, 25 % de secundárias tardias e 25 % de clímax). Dessa forma, considerando que, entre outros fatores, a quantidade de serapilheira sobre o solo pode variar em função da composição de espécies, do estágio sucessional e da intensidade da cobertura florestal (CALDEIRA et al., 2008), o uso da mesma proporção de grupos sucessionais em relação aos estudos pode ter ocasionado resposta semelhante para os tratamentos.

Devido ao fato do plantio de restauração ter nove anos de idade, isto é, ser relativamente jovem, o dossel não fechou em diversos locais. As clareiras existentes permitem a entrada dos raios solares e favorecem tanto a ação da chuva sobre o material vegetal como os ciclos de umedecimento e secagem do solo, acelerando o processo de decomposição da serapilheira (RODRIGUES et al., 2010), e, por conseguinte, uniformizando o acúmulo de biomassa na área.

Klippel (2011), em estudo semelhante a este, por meio da serapilheira acumulada, atributos químicos do solo e composição florística, avaliou quatro

diferentes metodologias (tratamentos), para restauração de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, de um experimento com quatro anos de implantação na RNV, Linhares – ES. Os tratamentos 1 e 2 consistiram basicamente da aplicação de tratos culturais, com controle de formigas cortadeiras e de vegetação espontânea; o tratamento 3, além dos tratos culturais, realizou-se o plantio aleatório de mudas de espécies pioneiras da Mata Atlântica no espaçamento de 5 x 5 m, intercalando o semeio da espécie leguminosa *Sesbania grandiflora*; e, o tratamento 4, semelhante ao tratamento 3, acrescido do plantio aleatório de mudas de 54 espécies da Mata Atlântica no espaçamento de 3 x 3 m. Em relação à biomassa da serapilheira acumulada, assim como no presente trabalho, a autora também não encontrou diferença entre os tratamentos avaliados, atribuindo como causa o pouco tempo de implantação do projeto (quatro anos).

Na época 2, ocorreram menores temperaturas e precipitações, coincidindo com o período de maior acúmulo de serapilheira total, galhos e folhas/miscelânea, como observado por Backes, Prates e Viola (2005); Golley (1983); Meguro, Vinueza e Delitti (1979). Segundo estes autores a decomposição de serapilheira é influenciada pelas variações sazonais, principalmente a temperatura, sendo acelerada em épocas mais quentes e reduzida nas mais frias, ocasionando o aumento do acúmulo de serapilheira no período mais frio, que é também o menos chuvoso.

Outra questão primordial para a explicação dos maiores acúmulos de biomassa das frações e da serapilheira total é a presença de espécies caducifólias, que perdem suas folhas durante o período de menor precipitação.

Para Dias et al., (2012) e Moreira e Silva (2004), no entanto, a variação sazonal no acúmulo de serapilheira acontece em função do estresse hídrico a que o ecossistema é submetido no menor período de precipitação. Isto ocasiona a produção de ácido abscísico e de etileno, que são hormônios responsáveis por processos fisiológicos que desencadeiam a abscisão foliar, conseqüentemente, acarretando em maior acúmulo de serapilheira nessa época.

Tal sazonalidade na biomassa da serapilheira acumulada foi observada também por Godinho et al. (2014) na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Cafundó e por Caldeira et al. (2013) na Área de Relevante Interesse

Ecológico (ARIE) Laerth Paiva Gama, ambos no sul do Espírito Santo. Cabe salientar que estes estudos foram realizados em áreas sob influência de Florestas Estacionais Semidecíduais.

O valor médio de serapilheira total acumulada encontrado neste estudo ($4,40 \text{ Mg ha}^{-1}$), está próximo ao encontrado em outros trabalhos realizados em áreas em via de recuperação ou estágio inicial de sucessão, onde os valores variaram de $3,46 \text{ Mg ha}^{-1}$ a $5,33 \text{ Mg ha}^{-1}$ (CUNHA NETO, 2013; SPERANDIO et al., 2012; GRUGIKI, 2011; DICKOW, 2010; CALDEIRA et al., 2008; LEITÃO FILHO et al., 1993).

Por outro lado, estudos em florestas com estágios mais avançados de sucessão, a partir de secundárias, apresentam valores mais elevados de serapilheira acumulada, variando de $6,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ a $10,34 \text{ Mg ha}^{-1}$ (SANTOS, 2014; VOGEL; SCHUMACHER, 2010; GONÇALVES, 2008; KLEINPAUL et al., 2005; BORÉM; RAMOS, 2002; CUNHA et al., 1993).

A produção de serapilheira varia de acordo com o estágio sucessional do ecossistema florestal, isto é, com a idade da floresta. Gonzalez e Gallardo, (1982) supõem que ocorrem aumentos na produção do material depositado sob o solo em função do aumento da idade da floresta, até que seja atingida a maturidade ou o clímax.

A produção de serapilheira em áreas mais perturbadas, ou seja, em áreas mais jovens, pode estar relacionada à proporção ocupada pelas copas, de forma que, quanto maior for a árvore, maior será a proporção ocupada pela copa e maior será a produção de serapilheira (WERNECK et al., 2001). Estes autores estudaram a produção de serapilheira em áreas de floresta com diferentes graus de perturbação, encontrando maiores valores deste material para áreas mais preservadas, sendo que o valor diminuía com o aumento do grau de perturbação da floresta.

A fração foliar/miscelânea foi o componente principal da serapilheira acumulada sobre o solo (74%). Este resultado está ligado ao fato de as folhas serem componentes mais dinâmicos e com maior taxa de ciclagem de nutrientes.

O percentual de folhas na serapilheira próximo a 70% foi registrado para ecossistemas florestais por Meentmeyer et al. (1982), e de 62% para Florestas

Tropicais por Bray e Ghoran (1964) e em Florestas Estacionais Semidecíduais Brasileiras por Pagano (1997).

3.2 TEORES DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA ACUMULADA

Para a fração folhas/miscelânea, entre as duas épocas, à exceção do N, os teores dos macronutrientes da serapilheira acumulada diferiram estatisticamente, sendo maiores no período de menor precipitação (Tabela 4). Já os teores de micronutrientes foram uniformes ao longo do ano, não variando entre as épocas. Em relação aos tratamentos, houve diferença estatística apenas para os teores de Fe ($p < 0,05$).

Tabela 4 – Teores médios de nutrientes na fração folhas/miscelânea, em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES.

Tratamentos	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu
¹ T1	12,66a	0,33 a	1,35 a	12,97 a	2,36 a	1,27 a	19,37 a	601,67 a	152,50 a	8,35 a
T2	12,48a	0,38 a	1,52 a	13,24 a	2,43 a	1,21 a	17,88 a	545,42 a	119,17 a	8,06 a
T3	12,07a	0,31 a	1,87 a	11,92 a	2,32 a	1,15 a	17,70 a	299,00 b	110,92 a	7,65 a
T4	13,24a	0,36 a	1,80 a	12,27 a	2,31 a	1,24 a	20,00 a	332,00 b	117,58 a	7,35 a
T5	12,66a	0,32 a	1,85 a	13,96 a	2,44 a	1,26 a	21,72 a	357,25 b	134,75 a	8,28 a
T6	12,77a	0,34 a	1,24 a	14,80 a	2,36 a	1,28 a	22,65 a	414,42 b	135,08 a	8,54 a
CV(%)	10,14	21,81	17,07	11,15	15,87	11,10	25,65	30,61	23,17	22,36
Época										
² E1	12,42a	0,29 b	1,28 b	12,08 b	2,17 b	1,06 b	18,09 a	411,42 a	120,50 a	8,04 a
E2	12,87a	0,39 a	1,94 a	14,31 a	2,57 a	1,41 a	21,68 a	438,50 a	136,17 a	8,03 a
³ CV(%)	12,65	0,34	1,61	13,19	2,37	1,24	19,18	424,96	128,33	8,04
Média	9,08	20,65	12,34	13,96	11,64	7,36	14,03	36,41	17,81	20,31

⁽¹⁾ Tratamentos – (T1) riqueza de 29 espécies no espaçamento 2x2 m; (T2) riqueza de 58 espécies no espaçamento 2x2 m; (T3) riqueza de 114 espécies no espaçamento 2x2 m; (T4) riqueza de 29 espécies no espaçamento 3x3 m; (T5) riqueza de 58 espécies no espaçamento 3x3 m; (T6) riqueza de 114 espécies no espaçamento 3x3 m. ⁽²⁾ Época – (E1) período de maior precipitação (mar/2013); (E2) período de menor precipitação (ago/2013). ⁽³⁾ Coeficiente de Variação.

Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: o autor

Quanto à fração galhos, assim como as folhas/miscelânea, os teores da maioria dos macronutrientes (exceto N e Mg) tiveram diferença de uma época para outra, com valores superiores no período de menor precipitação (Tabela 5). O teor de Ca foi o único nutriente a diferir entre os tratamentos. Para micronutrientes, no entanto, verificou-se uniformidade dos seus teores ao longo do ano.

Tabela 5 – Teores médios de nutrientes na fração galhos, em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
¹ T1	10,27a	0,25a	1,25a	15,31 a	2,31 a	0,71 a	33,47 a	342,00 a	123,25 a	8,59 a
T2	8,87 a	0,27a	1,92a	16,18 a	2,33 a	0,69 a	37,74 a	236,17 a	126,92 a	8,41 a
T3	8,87 a	0,24a	1,20a	12,80 b	1,97 a	0,62 a	29,28 a	218,00 a	95,00 a	7,57 a
T4	9,74 a	0,25a	1,45a	13,30 b	2,15 a	0,69 a	30,09 a	194,83 a	75,83 a	7,02 a
T5	8,46 a	0,22a	1,47a	13,73 b	1,91 a	0,56 a	34,58 a	193,33 a	96,25 a	7,18 a
T6	9,10 a	0,25a	1,08a	14,24 b	2,11 a	0,67 a	36,93 a	239,17 a	89,08 a	7,99 a
CV(%)	18,97	16,12	13,81	10,49	13,82	20,19	16,39	19,33	3,21	16,86
Época										
² E1	9,55 a	0,22b	1,12b	13,24 b	2,05 a	0,55 b	31,64 a	239,44 a	101,83 a	7,93 a
E2	8,89 a	0,27a	1,67a	15,27 a	2,20 a	0,76 a	35,72 a	235,05 a	100,28 a	7,66 a
³ CV(%)	12,22	16,88	15,80	12,69	18,38	14,31	21,32	10,85	2,75	16,21
Média	9,22	0,25	1,40	14,26	2,13	0,66	33,68	237,25	106,10	7,79

⁽¹⁾ Tratamentos – (T1) riqueza de 29 espécies no espaçamento 2x2 m; (T2) riqueza de 58 espécies no espaçamento 2x2 m; (T3) (1) riqueza de 114 espécies no espaçamento 2x2 m; (T4) riqueza de 29 espécies no espaçamento 3x3 m; (T5) riqueza de 58 espécies no espaçamento 3x3 m; (T6) riqueza de 114 espécies no espaçamento 3x3 m. ⁽²⁾ Época – (E1) período de maior precipitação (mar/2013); (E2) período de menor precipitação (ago/2013). ⁽³⁾ Coeficiente de Variação Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

Fonte: o autor

Os teores de quase todos os nutrientes encontrados nas folhas/miscelânea apresentaram tendência de serem mais elevados que nos galhos. As folhas são constituídas por um tecido fisiologicamente mais ativo, onde se encontram a maioria das células vivas, que tendem a acumular as maiores quantidades de nutrientes, em função dos processos de transpiração e fotossíntese (KRAMER; KOSLOWSKI, 1979; KOSLOWSKI et al., 1991; GODINHO, 2014).

Na fase inicial do crescimento da planta, a maior parte dos nutrientes está contida nas folhas, à medida que a idade aumenta, ocorre translocação de nutrientes de órgãos senescentes para regiões de crescimento da árvore (SWITZER; NELSON, 1972; FERRI, 1985; HAAG, 1985). Dessa forma, o

componente folhas/miscelânea representa a via mais rápida de retorno dos elementos, o que configura um grande potencial na ciclagem de nutrientes (CALDEIRA et al., 2008; PINTO et al., 2009).

O Ca e o N foram os macronutrientes mais abundantes nas frações e nas épocas estudadas. Os diferentes teores e conteúdos de nutrientes da serapilheira acumulada relacionam-se às suas respectivas mobilidades dentro da planta. A redistribuição do Ca não ocorre com facilidade nos tecidos vegetais, uma vez que desempenha função estrutural, fazendo parte da parede celular e presente, principalmente, em estruturas lignificadas (FERRI, 1985; FURLANI, 2004; SOUZA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007). Conseqüentemente, com o envelhecimento e abscisão foliar os teores de Ca tendem a aumentar na serapilheira.

A ciclagem biogeoquímica, de modo geral, é a via pela qual os nutrientes de baixa mobilidade na planta são ciclados, uma vez que para esses nutrientes a redistribuição torna-se pouca expressiva, contrariamente ao que ocorre para nutrientes de alta mobilidade na planta (CALDEIRA; SCHUMACHER; RODRIGUES, 2002).

Na fração galhos os teores de Ca foram superiores nos tratamentos T1 e T2. Considerando-os, em relação a outros tratamentos de mesma riqueza, T1-T4 e T2-T5, nota-se a influência do espaçamento no teor do Ca, sendo maior naqueles mais adensados. Resultado diferente foi encontrado por Kolm e Poggiani (2003), que estudando a influência da prática de desbastes progressivos na ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto, concluíram que os teores dos nutrientes contidos na serapilheira foram superiores nos tratamentos submetidos aos desbastes, ou seja, nos maiores espaçamentos.

No presente estudo, acredita-se que os tratamentos mais adensados (espaçamento 2x2 m), devido ao maior número de indivíduos por área, tenham favorecido a competição das plantas por nutrientes, fazendo com que as suas raízes buscassem o Ca (requerido em maior quantidade) em locais mais profundos e pouco explorados no solo, dessa forma, concentrando-o nos tecidos.

Tanto para folhas/miscelânea quanto para galhos, os teores de Ca foram mais elevados no período de menor precipitação. Nogueira et al. (2011) comentam que, ocasionalmente, o déficit hídrico acarreta o aumento do teor de alguns nutrientes

nos tecidos das plantas, entre eles Ca e N. O N, contudo, não apresentou diferença entre as épocas nem entre os tratamentos nas frações.

O P foi o macronutriente com menor teor nas duas frações e nas duas épocas. Tal fato está relacionado ao seu baixo teor no solo (GODINHO, 2011), por vezes, condicionado pela adsorção de P no solo. Este fenômeno possibilita que formas solúveis de P, por meio de ligações eletrostáticas ou covalentes, e de precipitação, com formação de compostos insolúveis, tornam-se indisponível às plantas (NOVAIS et al., 2007)

Não foram observadas, para nenhuma das duas frações estudadas, diferenças nos teores de P entre os tratamentos. Em contrapartida, quanto à época de coleta, foi constatado teores superiores de P no período de menor precipitação, a qual se refere a um período de menor produtividade das florestas, quando estas lançam mão de uma menor demanda de P, tendo a ciclagem bioquímica diminuída e conseqüentemente perdendo este elemento com a senescência dos tecidos vegetais. Todavia, ressalta-se que o P é um nutriente essencial para o metabolismo das plantas, estando presente nos ácidos nucleicos, nos fosfolipídios que compõem as membranas celulares, ATP e ADP moléculas e compostos intermediários dos processos de respiração e fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 1998), fazendo parte, portanto, dos processos produtivos das plantas.

Os teores de K nos componentes folhas/miscelânea e galhos também foram baixos, estando relacionados com as suas pequenas taxas de ciclagem biogeoquímica. Nutrientes de alta mobilidade no tecido vegetal, como o K, tem uma ciclagem mais expressiva por meio da retranslocação no interior da própria planta (CALDEIRA et al., 2007), o que faz com que os tecidos senescidos tenham baixo teor.

Foram registradas diferenças nos teores de K entre as épocas para as frações folhas/miscelânea e galhos, sendo superior no período de menor precipitação. A variabilidade dos teores de K na serapilheira, segundo Pagano e Durigan (2000), entre as épocas de avaliação está relacionada com variação da precipitação pluviométrica, o que se explica pela sua alta susceptibilidade à lixiviação via lavagem de folhas e de serapilheira, que decorrem do fato de o K não participar de compostos orgânicos, ocorrendo na forma solúvel ou adsorvido no suco

celular (MARSCHNER, 1997). A ciclagem do K na relação solo-planta é mais rápida do que a de outros nutrientes, por se tratar de um cátion monovalente (JORDAN, 1985). Assim, por estas evidências, ratificam-se os baixos teores e a sazonalidade deste macronutriente encontradas no presente trabalho.

Mg e S, a exemplo do K, apresentaram baixos teores nas folhas/miscelânea e galhos. Embora também sejam considerados como moderadamente laváveis, mostraram variações menores.

O Mg tem seus valores reduzidos nas folhas, o que se deve à oxidação da clorofila, que ocorre quando as folhas estão em senescência e quando iniciam a decomposição sobre o solo (BRUN, 2004; FURLANI, 2004). Os teores deste macronutriente apresentaram sazonalidade quanto à época apenas na fração folhas/miscelânea, com valor inferior no período de maior precipitação.

Quanto aos micronutrientes, o Fe foi o elemento que apresentou os maiores teores, tanto na fração folhas/miscelânea quanto na fração galhos. Isto pode ser justificado pela sua baixa mobilidade nos tecidos vegetais, em relação ao metabolismo, a qual é afetada negativamente por diversos fatores, como o elevado conteúdo de P, deficiência de K, elevada quantidade de Mn e baixa intensidade luminosa (DECHEN; NACHTIGALL, 2006). Os maiores teores de Fe nas folhas velhas de algumas espécies, bem como teores médios maiores nas folhas da floresta em relação à madeira, casca e galhos, pode ser outra justificativa.

Na fração folhas/miscelânea, os teores de Fe tiveram comportamento semelhante aos do Ca entre os tratamentos, em que foram superiores o T1 e o T2. Pode-se então, utilizar das mesmas justificativas, onde se deve destacar que os tratamentos T1 e T4, com mesma riqueza, assim como o T2 e o T5, devido aos maiores valores, evidenciam a influência do espaçamento no teor do Fe.

Os demais micronutrientes (Zn, Mn e Cu) não apresentaram diferença significativa entre tratamentos e entre as épocas, nas duas frações.

3.3. CONTEÚDO DE NUTRIENTES NA SERAPILHEIRA ACUMULADA

De modo geral, o conteúdo de nutrientes acompanha a tendência de acúmulo/deposição da biomassa da serapilheira (VITAL et al., 2004), uma vez que é obtido por meio da multiplicação dos teores dos nutrientes pela biomassa acumulada.

Brun, Schumacher e Vaccaro (1999) dizem que o conteúdo assume maior razão de proporcionalidade com a biomassa de serapilheira do que com os teores dos nutrientes da mesma. Assim, considerando a uniformidade da biomassa acumulada entre os tratamentos, optou-se por não fazer análise estatística para o conteúdo de nutrientes.

Na Tabela 6 observa-se o conteúdo de nutrientes da serapilheira acumulada. O total de nutrientes acumulados foi de 138,96 kg ha⁻¹, dos quais 136,63 kg ha⁻¹ foram referentes aos macronutrientes e 2,37 kg ha⁻¹ aos micronutrientes, na proporção de 58 por 1, aproximadamente.

O conteúdo de macronutrientes da serapilheira está bem abaixo do observado por Corrêa et al. (2006), em um sistema agroflorestal com espécies frutíferas e florestais, em Ouro Preto do Oeste, RO; mas próximo aos resultados encontrados por Leitão Filho et al. (1993), em floresta em estágio inicial de regeneração, em Cubatão, SP.

A ordem decrescente do conteúdo dos macronutrientes foi Ca > N > Mg > K > S > P, a qual diferiu da ordem encontrada por Klippel (2012) (Ca > N > K > Mg > S > P) em área de restauração sob influência de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, em Linhares, ES; das ordens encontradas por Caldeira et al., (2013) (N > Ca > Mg > S > K > P), em área reflorestada com espécies diversas, influenciada por Floresta Estacional Semidecidual, em Alegre, ES; e, da ordem encontrada por Vogel e Schumacher (2010) (N > Ca > Mg > K > S > P), em uma Floresta Estacional Semidecidual, no município de São Gabriel, RS.

Tabela 6 – Conteúdo de nutrientes, em kg ha⁻¹, da serapilheira acumulada, em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES, em diferentes tratamentos.

Nutriente	Época	Tratamento					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
N	E1	45,10	41,15	45,58	39,93	44,70	44,04
	E2	58,34	58,23	71,90	56,90	53,33	64,81
P	E1	0,99	1,22	0,95	0,97	0,93	1,01
	E2	1,79	1,85	2,14	1,61	1,65	1,99
K	E1	3,92	5,54	5,50	6,15	3,70	3,08
	E2	7,80	9,82	12,85	7,27	11,64	8,60
Ca	E1	43,20	45,85	47,43	40,95	46,52	52,49
	E2	78,15	82,40	78,43	60,45	72,17	81,92
Mg	E1	8,05	8,48	8,50	7,54	7,43	7,83
	E2	12,76	13,04	14,78	9,77	12,28	13,72
S	E1	3,65	3,10	3,67	3,20	3,55	3,83
	E2	6,11	6,30	7,19	5,55	5,45	6,94
Zn	E1	0,07	0,07	0,07	0,07	0,09	0,08
	E2	0,14	0,14	0,14	0,10	0,13	0,15
Fe	E1	2,26	1,69	0,93	0,83	1,33	1,16
	E2	2,28	2,26	2,04	1,36	1,39	2,22
Mn	E1	0,47	0,43	0,43	0,38	0,42	0,45
	E2	0,76	0,67	0,66	0,49	0,61	0,71
Cu	E1	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03
	E2	0,05	0,04	0,05	0,03	0,04	0,05

⁽¹⁾ Tratamentos – (T1) riqueza de 29 espécies no espaçamento 2x2 m; (T2) riqueza de 58 espécies no espaçamento 2x2 m; (T3) riqueza de 114 espécies no espaçamento 2x2 m; (T4) riqueza de 29 espécies no espaçamento 3x3 m; (T5) riqueza de 58 espécies no espaçamento 3x3 m; (T6) riqueza de 114 espécies no espaçamento 3x3 m. ⁽²⁾ Época – (E1) período de maior precipitação (mar/2013); (E2) período de menor precipitação (ago/2013).
Fonte: o autor

Observa-se ainda que cada um dos autores supracitados encontraram uma ordem de transferência diferente. Isto demonstra a variação a que estão sujeitos os macronutrientes, estando relacionadas às características do ambiente (solo e clima), de manejo e de adubação.

Para os micronutrientes, no entanto, a ordem de acúmulo foi a mesma encontrada pelos autores supracitados: Fe > Mn > Zn > Cu, indicando que estes elementos, em relação aos macronutrientes, são menos variáveis e tendem a seguir os mesmos padrões nos diferentes ecossistemas existentes. Esse comportamento deve estar ligado a baixa concentração desses elementos nos solos, e que não foi influenciada pela adubação.

O Ca foi o macronutriente que apresentou o maior conteúdo ($60,83 \text{ kg ha}^{-1}$), seguido pelo N (52 kg ha^{-1}), o que se deve ao fato de estes elementos terem apresentado os maiores teores.

Segundo Vitousek (1984), o acúmulo do Ca é alto na maioria das florestas tropicais estudadas. A baixa mobilidade deste macronutriente dentro dos tecidos vegetais é citada por Nilsson et al. (1995) e Attiwill (1979) como um fator que determina que a maior parte da ciclagem na natureza ocorra devido a queda e decomposição dos tecidos vegetais senescentes.

Assim como o Ca, o acúmulo de N via tecido vegetal é comumente alto nas florestas tropicais, em função de materiais enriquecidos com este elemento, como aqueles provenientes de Fabaceas. Com certa frequência, ocorre também, o aumento no conteúdo de N do material já acumulado no solo, devido à adição por precipitação atmosférica, à atividade de microrganismos fixadores de N da atmosfera enquanto utilizam fonte de carboidratos da serapilheira, à concentração de compostos orgânicos produzidos ou liberados pelos microrganismos decompositores ou por contaminação via queda de materiais de origem animal ou vegetal (STRUFFALDI-DE VUONO; DOMINGOS; LOPES, 1989; VITOUSEK; SANDFORD, 1986; MELLILO; ABER; MURATORE, 1982).

Quanto aos demais macronutrientes, o Mg acumulou $10,45 \text{ kg ha}^{-1}$, o K $7,17 \text{ kg ha}^{-1}$, o S $4,88 \text{ kg ha}^{-1}$ e o P $1,42 \text{ kg ha}^{-1}$. Este último, na maioria dos casos, apresenta-se como elemento limitante nos ecossistemas (SELLE, 2007), devido à sua adsorção no solo, o que justifica o seu baixo conteúdo na serapilheira .

Os micronutrientes que tiveram o maior e o menor conteúdo foram, respectivamente, Fe ($1,64 \text{ kg ha}^{-1}$) e Cu ($0,036 \text{ kg ha}^{-1}$), também influenciados pelos valores de seus teores.

O elevado conteúdo de Fe encontrado pode ser justificado pelo fato de este nutriente ser o mais absorvido pelas plantas, devido a maior concentração na solução do solo. Bem como pela sua baixa mobilidade nos tecidos vegetais (DECHEN; NACHTIGALL, 2006; MALAVOLTA, 2006; CALDEIRA et al., 2008).

Já o Cu, sempre destacado por seu baixo teor e conteúdo, apresenta-se em conformidade com o trabalho de Sperandio (2013), em Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, onde encontrou $0,050 \text{ kg ha}^{-1}$; e também com o trabalho de

Caldeira et al. (2008), em Floresta Ombrófila Densa Submontana, em estágio inicial, onde encontraram 0,060 kg ha⁻¹.

Na Tabela 7 observa-se o conteúdo de nutrientes da fração folhas/miscelânea. Foram acumulados no total, 104,93 kg ha⁻¹ de nutrientes, sendo 103,05 kg ha⁻¹ de macronutrientes e 1,88 kg ha⁻¹ de micronutrientes.

Tabela 7 – Conteúdo de nutrientes, em kg ha⁻¹, da fração folhas/miscelânea, em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES, em diferentes tratamentos.

Nutriente	Época	Tratamento					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
N	E1	36,22	32,95	37,23	32,36	37,97	38,50
	E2	41,31	42,50	60,19	44,63	38,81	53,11
P	E1	0,80	0,97	0,76	0,81	0,78	0,89
	E2	1,27	1,33	1,77	1,27	1,21	1,60
K	E1	3,18	3,69	4,68	5,02	3,03	2,61
	E2	4,97	5,77	10,79	5,56	8,15	6,84
Ca	E1	31,81	31,49	36,04	32,07	35,49	44,84
	E2	48,17	49,49	60,37	41,06	48,65	61,40
Mg	E1	6,22	6,10	6,75	5,94	5,95	6,77
	E2	8,30	8,75	11,95	7,12	9,04	10,52
S	E1	3,11	2,54	3,24	2,78	3,15	3,54
	E2	4,64	4,89	6,13	4,48	4,43	5,84
Zn	E1	0,047	0,043	0,050	0,047	0,063	0,067
	E2	0,070	0,067	0,097	0,067	0,070	0,100
Fe	E1	1,94	1,42	0,77	0,70	1,17	1,07
	E2	1,74	1,92	1,69	1,11	1,09	1,83
Mn	E1	0,36	0,31	0,35	0,32	0,35	0,41
	E2	0,55	0,42	0,55	0,40	0,45	0,58
Cu	E1	0,023	0,023	0,027	0,017	0,023	0,027
	E2	0,030	0,027	0,037	0,023	0,027	0,037

⁽¹⁾ Tratamentos – (T1) riqueza de 29 espécies no espaçamento 2x2 m; (T2) riqueza de 58 espécies no espaçamento 2x2 m; (T3) riqueza de 114 espécies no espaçamento 2x2 m; (T4) riqueza de 29 espécies no espaçamento 3x3 m; (T5) riqueza de 58 espécies no espaçamento 3x3 m; (T6) riqueza de 114 espécies no espaçamento 3x3 m. ⁽²⁾ Época – E1) período de maior precipitação (mar/2013); (E2) período de menor precipitação (ago/2013).
Fonte: o autor

Os macronutrientes que obtiveram o maior e o menor conteúdo foram, respectivamente, Ca e P, acompanhando a tendência dos teores. A ordem de acúmulo foi Ca > N > Mg > K > S > P.

Em relação aos micronutrientes, os elementos que apresentaram o maior e o menor conteúdo foram, respectivamente, Fe e Cu. A ordem de acúmulo de micronutrientes foram Fe > Mn > Zn > Cu.

O conteúdo de nutrientes da fração galhos foi bem inferior à observada para a fração folhas/miscelânea (Tabela 8), uma vez que esta fração lenhosa possui valores mais baixos de biomassa e de teores para a maioria dos nutrientes. A fração galhos acumulou um total de 33,25 kg ha⁻¹ de nutrientes, sendo 32,81 kg ha⁻¹ de macronutrientes e 0,44 kg ha⁻¹ de micronutrientes.

Tabela 8 – Conteúdo de nutrientes, em kg ha⁻¹, na fração galhos, em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES, em diferentes tratamentos.

Nutriente	Época	Tratamento					
		T1	T2	T3	T4	T5	T6
N	E1	8,89	8,20	8,35	7,57	6,73	5,53
	E2	17,03	15,73	11,71	12,27	14,53	11,70
P	E1	0,19	0,26	0,20	0,16	0,15	0,12
	E2	0,52	0,51	0,37	0,34	0,44	0,38
K	E1	0,73	1,86	0,82	1,12	0,67	0,47
	E2	2,83	4,05	2,06	1,71	3,48	1,76
Ca	E1	11,39	14,36	11,39	8,88	11,03	7,65
	E2	29,98	32,91	18,06	19,39	23,52	20,51
Mg	E1	1,83	2,38	1,75	1,60	1,48	1,06
	E2	4,46	4,29	2,83	2,65	3,24	3,19
S	E1	0,54	0,56	0,44	0,43	0,40	0,29
	E2	1,48	1,41	1,07	1,07	1,03	1,11
Zn	E1	0,0267	0,0300	0,0233	0,0200	0,0267	0,0167
	E2	0,0667	0,0767	0,0433	0,0400	0,0600	0,0533
Fe	E1	0,32	0,27	0,16	0,13	0,17	0,10
	E2	0,54	0,34	0,35	0,24	0,30	0,38
Mn	E1	0,11	0,13	0,08	0,06	0,08	0,05
	E2	0,22	0,25	0,12	0,09	0,16	0,13
Cu	E1	0,0072	0,0087	0,0070	0,0051	0,0064	0,0041
	E2	0,0162	0,0149	0,0103	0,0090	0,0102	0,0113

⁽¹⁾ Tratamentos – (T1) riqueza de 29 espécies no espaçamento 2x2 m; (T2) riqueza de 58 espécies no espaçamento 2x2 m; (T3) riqueza de 114 espécies no espaçamento 2x2 m; (T4) riqueza de 29 espécies no espaçamento 3x3 m; (T5) riqueza de 58 espécies no espaçamento 3x3 m; (T6) riqueza de 114 espécies no espaçamento 3x3 m. ⁽²⁾ Época – E1) período de maior precipitação (mar/2013); (E2) período de menor precipitação (ago/2013).
Fonte: o autor

O Ca e o P foram, respectivamente, os macronutrientes que apresentaram o maior e o menor conteúdo. A ordem de acúmulo foi Ca > N > Mg > K > S > P.

Já o Fe e o Cu foram os micronutrientes, respectivamente, que apresentaram o maior e o menor conteúdo.

3.4. ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Seguindo o mesmo padrão dos resultados observados para a serapilheira acumulada (biomassa e teor e conteúdo de nutrientes), verifica-se, a partir do resultado da análise química (Tabela 9), que os solos sob os seis tratamentos estudados tenderam a apresentar características bem semelhantes entre si.

A análise estatística realizada para os atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 5 cm, entre os seis tratamentos (tabela 10), comprova esta constatação, dado que não houve diferença significativa em relação a nenhum dos atributos avaliados.

Isso pode ser devido à proximidade entre os tratamentos, onde se encontra a mesma tipologia de solo, proveniente de sedimentos do terciário (grupos barreiras). Deve-se considerar ainda, o histórico da área, anteriormente utilizada para o mesmo fim, e, manejada igualmente.

Além desta questão, e, conforme elucidado no subtópico anterior, acredita-se que o tempo decorrido desde a implantação do projeto (2005) até a data da realização do presente estudo (2013) seja ainda incipiente no que se refere à manifestação de diferenças entre os tratamentos, e até mesmo a melhorias expressivas na fertilidade do solo.

A recuperação do solo via plantio de florestas é um processo gradativo e complexo, cujos resultados aparecem de forma lenta (YADA, 2011). As melhorias mais significativas se relacionam às condições da física do solo, condicionadas pela deposição de material orgânico e manutenção da umidade.

O solo da área é distrófico ($V < 50\%$), apresenta acidez variando de média a alta, baixos valores de cátions no complexo de troca (SB), baixa capacidade de troca

de cátions efetiva e potencial (t e T) e teores de nutrientes, o que caracteriza baixa fertilidade.

Não obstante, desconsiderando-se o fator degradação, cabe salientar que os solos dos tabuleiros costeiros, por natureza, são pobres em nutrientes, com horizonte superficial arenoso, pouco apto à retenção de nutrientes (GARAY et al., 2004).

Tabela 9 – Atributos químicos do solo nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm, em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES.

Prof. (cm)	N	P	K	pH	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	C _{org}
	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³		H ₂ O	cmol _c dm ⁻³						%		g kg ⁻¹		
Tratamento 1															
0-5	1,9	0,9	37,3	5,2	0,3	1,3	0,4	3,2	1,9	2,2	5,1	37,2	13,6	27,8	16,1
5-10	1,4	1,3	26,4	5,1	0,4	0,9	0,3	2,8	1,3	1,7	4,1	31,6	22,1	15,8	13,3
10-20	1,1	0,7	20,0	4,8	0,5	0,6	0,2	2,5	0,9	1,4	3,4	25,9	38,1	16,4	9,5
20-40	1,1	0,7	12,0	4,7	0,8	0,4	0,1	3,8	0,6	1,4	4,4	14,3	57,3	13,9	8,0
Tratamento 2															
0-5	1,7	1,4	28,3	5,1	0,3	1,1	0,4	3,4	1,5	1,9	4,9	32,2	17,7	25,3	14,7
5-10	1,6	1,4	24,3	5,1	0,5	0,9	0,3	2,9	1,3	1,8	4,3	31,2	25,9	23,0	13,3
10-20	1,3	1,1	15,7	4,8	0,6	0,5	0,2	2,9	0,8	1,4	3,6	20,2	46,5	17,6	10,2
20-40	0,1	0,8	12,7	4,8	0,7	0,5	0,2	3,4	0,7	1,4	4,2	17,2	49,7	12,5	7,2
Tratamento 3															
0-5	1,9	1,3	34,3	5,0	0,4	1,2	0,4	3,4	1,7	2,1	5,2	33,7	19,4	25,8	15,0
5-10	1,9	1,1	27,7	4,8	0,5	0,9	0,3	3,4	1,3	1,7	4,7	27,1	27,1	23,5	13,6
10-20	1,4	0,8	26,3	4,8	0,6	0,6	0,2	3,1	0,7	1,5	4,0	22,9	39,5	16,7	9,7
20-40	1,1	0,6	21,3	4,8	0,6	0,7	0,2	3,7	1,0	1,6	4,7	21,7	38,6	12,1	7,0
Tratamento 4															
0-5	1,8	1,3	29,3	5,1	0,3	1,1	0,4	2,9	1,6	1,9	4,5	35,5	15,5	24,6	14,25
5-10	1,8	1,1	24,7	5,0	0,4	1,0	0,3	3,4	1,4	1,9	4,9	29,4	22,7	23,4	13,6
10-20	1,5	0,8	19,0	4,9	0,5	0,9	0,2	3,0	1,2	1,7	4,2	28,9	29,3	19,4	11,2
20-40	1,1	1,	16,7	4,9	0,6	0,7	0,2	3,4	1,0	1,5	4,4	21,9	36,7	13,8	8,0

Continua...

Tabela 9, continuação

Prof. (cm)	N	P	K	pH	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	C _{org}
	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³		H ₂ O	cmol _c dm ⁻³						%		g kg ⁻¹		
Tratamento 5															
0-5	1,5	1,2	28,3	5,2	0,4	1,1	0,4	3,5	1,5	1,9	5,1	30,0	21,6	26,9	15,6
5-10	1,5	1,1	22,0	5,1	0,5	0,9	0,3	3,4	1,3	1,7	4,7	27,7	26,4	25,7	14,9
10-20	1,3	0,7	17,3	4,9	0,7	0,6	0,2	3,4	1,0	1,5	4,3	20,4	43,1	19,2	11,1
20-40	1,0	0,73	11,7	5,0	0,6	0,7	0,2	3,8	0,9	1,5	4,8	20,9	38,4	13,8	8,0
Tratamento 6															
0-5	2,1	1,7	33,3	5,3	0,4	1,2	0,4	3,2	1,8	2,2	4,9	35,5	19,5	29,4	17,1
5-10	1,8	1,5	27,7	5,0	0,5	0,9	0,3	3,1	1,3	1,8	4,5	29,6	26,7	26,5	15,3
10-20	1,5	1,2	23,3	4,8	0,7	0,7	0,2	3,5	0,8	1,6	4,5	22,5	36,2	22,2	12,9
20-40	1,1	0,7	14,7	4,9	0,6	0,6	0,2	3,5	0,8	1,6	4,3	20,0	45,9	14,6	8,5

⁽¹⁾ Tratamentos – (1) riqueza de 29 espécies no espaçamento 2x2 m; (2) riqueza de 58 espécies no espaçamento 2x2 m; (3) (1) riqueza de 114 espécies no espaçamento 2x2 m; (4) riqueza de 29 espécies no espaçamento 3x3 m; (5) riqueza de 58 espécies no espaçamento 3x3 m; (6) riqueza de 114 espécies no espaçamento 3x3 m.

MO (matéria orgânica), Ntot (nitrogênio total), C/N (relação Carbono/Nitrogênio), P (fósforo), S (enxofre), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), Al (alumínio), H+Al (acidez potencial), SB (soma de bases), CTC (capacidade de troca de cátions), m (saturação em alumínio), V (saturação em bases).

Fonte: o autor

Tabela 10 – Média dos atributos químicos do solo na profundidade de 0-5 cm, nos seis tratamentos estudados, na RNV, Linhares, ES.

Trat.	N	P	K	pH	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	C _{org}
	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	mg dm ⁻³	H ₂ O				cmol _c dm ⁻³				%	%	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
¹ T1	1,91 a	0,95 a	37,33 a	5,19 a	0,30 a	1,34 a	0,44 a	3,22 a	1,90 a	2,20 a	5,12 a	37,20 a	13,58 a	27,78 a	16,11 a
	² (± 0,35)	(± 0,43)	(± 9,02)	(± 0,33)	(± 0,17)	(± 0,19)	(± 0,04)	(± 0,38)	(± 0,15)	(± 0,06)	(± 0,29)	(± 4,22)	(± 7,77)	(± 1,94)	(± 1,13)
T2	1,68 a	1,38 a	28,33 a	5,14 a	0,33 a	1,09 a	0,36 a	3,39 a	1,54 a	1,87 a	4,93 a	32,16 a	17,73 a	25,29 a	14,67 a
	(± 0,28)	(± 0,45)	(± 4,73)	(± 0,16)	(± 0,06)	(± 0,18)	(± 0,09)	(± 1,08)	(± 0,09)	(± 0,14)	(± 1,16)	(± 6,22)	(± 1,64)	(± 6,65)	(± 3,86)
T3	1,91 a	1,27 a	34,33 a	4,96 a	0,40 a	1,22 a	0,42 a	3,45 a	1,75 a	2,15 a	5,19 a	33,69 a	19,40 a	25,78 a	14,95 a
	(± 0,21)	(± 0,44)	(± 5,03)	(± 0,23)	(± 0,10)	(± 0,37)	(± 0,11)	(± 0,85)	(± 0,49)	(± 0,45)	(± 1,23)	(± 4,58)	(± 6,70)	(± 2,74)	(± 1,59)
T4	1,82 a	1,29 a	29,33 a	5,12 a	0,30 a	1,12 a	0,37 a	2,89 a	1,59 a	1,89 a	4,48 a	35,55 a	15,48 a	24,56 a	14,25 a
	(± 0,50)	(± 0,14)	(± 8,08)	(± 0,16)	(± 0,17)	(± 0,18)	(± 0,06)	(± 0,25)	(± 0,12)	(± 0,19)	(± 0,33)	(± 1,99)	(± 8,45)	(± 9,98)	(± 5,79)
T5	1,54 a	1,25 a	28,33 a	5,24 a	0,40 a	1,08 a	0,36 a	3,56 a	1,53 a	1,93 a	5,08 a	30,05 a	21,63 a	26,89 a	15,60 a
	(± 0,37)	(± 0,14)	(± 4,04)	(± 0,32)	(± 0,17)	(± 0,33)	(± 0,09)	(± 0,51)	(± 0,42)	(± 0,29)	(± 0,55)	(± 7,25)	(± 11,79)	(± 6,09)	(± 3,53)
T6	2,01 a	1,74 a	33,33 a	5,30 a	0,40 a	1,25 a	0,41 a	3,17 a	1,76 a	2,16 a	4,93 a	35,54 a	19,49 a	29,42 a	17,07 a
	(± 0,29)	(± 0,47)	(± 11,50)	(± 0,36)	(± 0,10)	(± 0,38)	(± 0,10)	(± 0,50)	(± 0,47)	(± 0,39)	(± 0,71)	(± 7,65)	(± 8,57)	(± 5,95)	(± 3,45)
Média	1,81	1,31	31,83	5,15	0,35	1,18	0,39	3,28	1,68	2,03	4,95	34,03	17,89	26,62	15,44
³ CV (%)	12,75	25,40	24,43	4,98	37,62	21,78	18,62	15,94	17,41	11,31	11,56	16,27	42,49	15,81	15,81

⁽¹⁾ Tratamentos – (T1) riqueza de 29 espécies no espaçamento 2x2 m; (T2) riqueza de 58 espécies no espaçamento 2x2 m; (T3) riqueza de 114 espécies no espaçamento 2x2 m; (T4) riqueza de 29 espécies no espaçamento 3x3 m; (T5) riqueza de 58 espécies no espaçamento 3x3 m; (T6) riqueza de 114 espécies no espaçamento 3x3 m. ⁽²⁾ Desvio-padrão da média. ⁽³⁾ Coeficiente de Variação

Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (p < 0,05).
Fonte: o autor

Foram nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm que se observaram a tendência de maiores valores dos atributos químicos do solo, exceto saturação em alumínio (m) e Al^{3+} , que aumentaram em profundidade (Figura 9).

Resultados semelhantes são descritos em diversos trabalhos que associam a biomassa vegetal sobre o piso florestal com a fertilidade do solo (GARAY; KINDEL; JESUS, 1995; SÁ et al., 2003; ESPIG et al., 2008; KLIPPEL, 2011; SILVA et al., 2012; SPERANDIO, 2013).

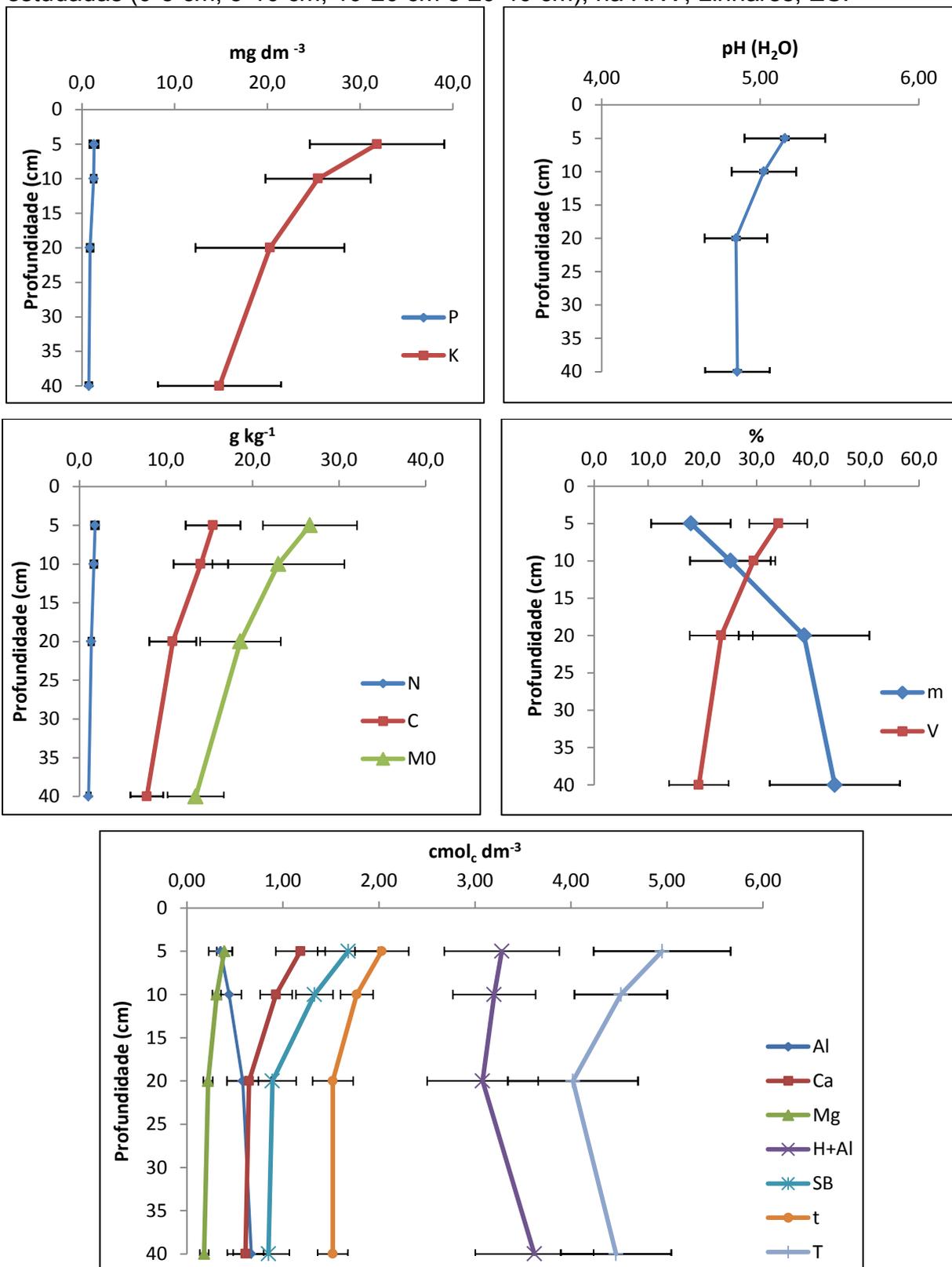
Bem provável que esta constatação se deva ao fato de ser justamente nos primeiros centímetros do solo onde ocorrem o acúmulo, deposição e decomposição da serapilheira. A MO presente nesta camada superficial pode gerar a redução da atividade de H^+ , mineralização de formas orgânicas de N, desnitrificação ou descarboxilação dos ácidos, fazendo com que o pH aumente (YAN et al., 1996).

O pH do solo pode interferir, direta ou indiretamente, na disponibilização de alguns nutrientes e na atividade dos microrganismos (SOUZA et al., 2007). A redução da acidez, por exemplo, promove a insolubilização de Al^{3+} e Mn e aumenta a disponibilidade de alguns macronutrientes, como P.

Em profundidade, os valores de pH tenderam diminuir. Associado a isso, observa-se o aumento da acidez potencial (H^+Al), da saturação em Alumínio (m) e dos teores de alumínio trocável (Al), o que é bastante comum segundo (RIBEIRO, 2011). O aumento da acidez propicia a solubilização de compostos com este elemento, e, por conseguinte, aumenta a presença de cátions H^+ e de Al (MAFRA et al., 2008; CARDOSO et al., 2011).

Os teores de cátions trocáveis (K, Ca e Mg) tenderam decrescer em profundidade e situaram-se dentro de níveis considerados baixos, o que se deve, possivelmente, à lixiviação a que estão propensos estes nutrientes, dado que as primeiras camadas deste tipo de solo são compostas predominantemente por textura arenosa (Tabela 1). Todavia, há de se considerar também o histórico de utilização da área em questão, a qual já foi intensamente explorada anteriormente para práticas agrícolas, podendo este fato ter contribuído de maneira considerável para a diminuição das bases do solo. Outro ponto a se observar é o baixo pH (menor t), que indiretamente propicia a baixa disponibilidade de bases no solo, devido a maior lixiviação (SOUZA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007; CASTRO, 2014).

Figura 9 – Comportamento dos atributos químicos do solo nas profundidades estudadas (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm), na RNV, Linhares, ES.



*Barras horizontais indicam o desvio padrão da média.

Fonte: o autor

Silva et al. (2011), estudaram os atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo agrícola convencional e floresta nativa, no Sul da Bahia. Os autores encontraram valores variando de 3,0 a 53,3 mg dm⁻³ para K, 0,50 a 2,9 cmol_c dm⁻³ para Ca e 0,20 a 1,30 cmol_c dm⁻³ para Mg, nos sistemas agroflorestais, nas camadas de 0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm, os quais estão próximos aos valores encontrados no presente estudo. Estes autores concluíram ainda que os valores das bases do solo sob os sistemas agroflorestais foram equiparados aos sob mata nativa.

Os maiores teores de P foram observados nas camadas superficiais, contudo, classificados como baixos. Ressalta-se que esta não é uma particularidade dos Argissolos estudados, mas sim da região tropical, que em geral, trata-se de solos quimicamente pobres. Assim, apresentam alta capacidade de adsorção de P, em função da eletropositividade desenvolvida por argilossilicatos e óxidos (CUNHA et al., 2007; NOVAIS et al., 2007).

Mafra et al. (2008) e Scheer et al. (2011) também observaram teores mais elevados de P em camadas superficiais. Sperandio (2013), em área bem próxima à deste estudo, na RNV, encontrou valores de P que variaram de 0,97 mg dm⁻³ a 4,07 mg dm⁻³, representando baixos teores. Klippel (2011), também na RNV, em área em processo de recuperação, encontrou valores de 2,00 a 8,30 mg dm⁻³, classificados como baixos.

A MO do solo tendeu apresentar maiores valores na profundidade de 0-5 cm. Nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm os teores foram classificados como medianos, já para a camada de 20-40 cm, como baixos. Isto possivelmente está relacionado aos baixos valores de serapilheira que se acumulam sobre o piso florestal.

Avaliando as alterações dos atributos do solo em áreas de restauração florestal na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Moraes et al. (2008) observaram valores de MO do solo na faixa de 17 a 27,7 g kg⁻¹ nos primeiros 20 cm do solo, estando bem próximo aos valores encontrados neste estudo. Os autores concluíram que estes valores de MO do solo indicam que o plantio de espécies arbóreas foi eficiente em um primeiro aspecto da restauração, que é o

aumento da qualidade do solo para que o processo sucessional tenha condições de se estabelecer.

Ribeiro (2011) encontrou $22,03 \text{ g kg}^{-1}$ de MO do solo em Linhares, ES; Kindel e Garay (2002) verificaram $20,86 \text{ g kg}^{-1}$ em Sooretama, ES. Ambos os trabalhos foram realizados em locais próximos ao do presente estudo, em Florestas de Tabuleiros, sob domínio de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas, mostrando que os teores aqui observados encontram-se dentro dos padrões regionais no que se refere ao tipo de solo e fitofisionomia.

Embora os teores baixos de MO do solo possam apresentar uma menor limitação na restituição da vegetação que a baixa disponibilidade de N e P, a MO do solo é fator preponderante na manutenção da ciclagem de nutrientes, no estabelecimento e na manutenção das características físicas do solo (MUMMEY et al., 2002). Assim, a ação da matéria orgânica também pode ser considerada a principal responsável pelo sucesso da revegetação (PARROTTA et al., 1997).

O C_{org} tendeu ser superior na profundidade de 0-5 cm. Este elemento é o principal constituinte da fração orgânica do solo, representando cerca de 58% do total de MO (SILVA; MENDONÇA, 2007). Segundo estes autores, as entradas de C_{org} no solo então relacionadas, principalmente, com o aporte de resíduos da biomassa aérea e radicular das plantas, liberação de exsudatos radiculares, lavagem de constituintes solúveis da planta pela água da chuva e transformação desses materiais carbonatos pelos macro e microrganismos do solo.

Mafra et al., (2008) estudando as variações de carbono orgânico em diferentes usos da terra (campo nativo, floresta de pinus com 12 anos, floresta de pinus com 20 anos, reflorestamento de araucária com 18 anos e mata nativa de araucária), em Santa Catarina, verificou maior teor de carbono orgânico do solo na mata nativa de araucária e no campo nativo, variando de 23 a 56 g kg^{-1} com maior concentração na primeira camada. Para os autores, a adição de material orgânico, proveniente, em grande parte, da serapilheira é responsável pelo acúmulo de carbono na camada superficial do solo, à medida que vai sendo humificada.

O teor de N tendeu ser mais elevado na profundidade de 0-5 cm, provavelmente, devido ao fato de estar relacionado à matéria orgânica, ao passo que cerca de 95% deste nutriente, no solo, encontra-se na forma orgânica

(CAMARGO et al., 1999). Sperandio (2013), em área próxima à do presente estudo, também na RNV, em Linhares, ES, avaliou em seu estudo os atributos químicos do solo em três profundidades (0-5 cm, 5-15 cm e 15-30 cm) de três coberturas florestais, Floresta de Tabuleiro nativa e povoamentos homogêneos de duas espécies leguminosas, *Tephrosia candida* e *Mimosa velloziana*. O autor também observou maiores teores de N nas camadas superficiais das três coberturas florestais, os quais variaram de 1,14 a 2,71 kg ha⁻¹.

4. CONCLUSÕES

As metodologias de restauração, de forma geral, não influenciaram na biomassa e teores de nutrientes da serapilheira acumulada e nos atributos químicos do solo. O tempo decorrido entre a implantação da restauração e a coleta dos dados para o estudo em questão, pode ter sido insuficiente para a ocorrência de diferenças entre os tratamentos.

A biomassa das frações (folhas/miscelânea e galhos) e da serapilheira total acumulada foi superior na época de menores temperaturas e menor precipitação, o que pode ser atribuído ao menor favorecimento da decomposição deste período, aliado à presença de algumas espécies caducifólias, que perdem suas folhas nesta época.

Os teores dos nutrientes apresentaram maiores valores na época de menores temperaturas e menor precipitação.

O baixo acúmulo e conteúdo de nutrientes da serapilheira, assim como a baixa fertilidade do solo, evidenciaram que o projeto de restauração encontra-se próximo aos padrões de ecossistemas em via de recuperação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATTIWILL, P. M. Nutrient cycling in Eucalyptus and Pinus forests in Southeastern Australia. In: **Anais** of Symposium on impact of intensive harvesting on forest nutrient cycling, New York, 1979.

BACKES, A., PRATES, F.L.; VIOLA, M.G. Produção de serapilheira em Floresta Ombrófila Mista, em São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v.19, n.1, p.155-160. 2005.

BARBOSA, J. H. C.; FARIA, S. M. Aporte da serapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na reserva biológica de Poço das Antas, RJ, Brasil. **Rodriguésia**, v. 57, n. 3, p.461-476, 2006.

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

BRITZ, R. M. de. Aspectos ambientais a serem considerados na restauração da Floresta com Araucária no Estado do Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 55, p. 37-43, 2007.

BRUN, E.J. **Biomassa e nutrientes na floresta Estacional Decidual, em Santa Tereza, RS**. UFSM, 2004. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2004.

BRUN, E.J.; SCHUMACHER, M.V.; VACCARO, S.; SPATHELF, P. 2001. Relação entre a produção de serapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 1, p. 277-285, 2001.

BRUN, E. J.; SCHUMACHER, M. V.; VACCARO, S. Produção de serapilheira e devolução de nutrientes em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no município de Santa Tereza, RS. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: ESALQ/USP, p. 348-368. 1999.

CALDEIRA, M. V. W.; SILVA, R. D.; KUNZ, S. H.; ZORZANELLI, J. P. F.; CASTRO, K. C.; GODINHO, T. O. Biomassa e nutrientes da serapilheira em diferentes coberturas florestais. **Comunicata scientiae**, v. 4, n. 2, p. 111-119, 2013.

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

CAMARGO, F.A.C.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J.; VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Porto Alegre, Genesis, p.117-137, 1999.

CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; FERREIRA, M.M.; FREITAS, D.A.F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 35 p. 613-622, 2011.

CORRÊA, F. L. de. O.; RAMOS, J. D.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da.; MÜLLER, M. W.; MACEDO, R. G. de.; SOUZA, C. A. S.; ALVARENGA, M. I. N. Ciclagem de nutrientes em sistema agroflorestal com espécies frutíferas e florestais em Rondônia, Brasil, **Agrotropica**, v. 18, p. 71-82, 2006.

CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient dynamics within Amazonian Forest ecosystems. In. Nutrient flux in the fine litterfall and efficiency of nutriente utilization. **Oecologia**, v. 68, p. 466-472, 1986.

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

CUNHA, G. de. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da.; COSTA, G. S.; VELLOSO, A. C. X. Fósforo orgânico em solos sob florestas Montanas, pastagens e eucalipto no Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 31, p. 667-672, 2007

CUNHA NETO, F. V.; LELES, P. S. S.; PEREIRA, M. G.; BELLUMATH, V. G. H.; ALONSO, J. M. Acúmulo e decomposição da serapilheira em quatro formações florestais. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 3, p. 379-387, 2013

DIAS, H.C.T.; FIGUEIRA, M.D.; SILVEIRA, V.; FONTES, M.A.L.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; SCOLFORO, J.R. Variação temporal de nutrientes na serapilheira de um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, MG. **Cerne**, v.8, n. 2, p. 1-16, 2002.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In. FERNANDES, M. S. (Ed). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.327-374.

DICKOW, K.M.C. **Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na Floresta Atlântica, Antonina, PR**. Curitiba: UFPR, 2010. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Mapa de solos do Brasil. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impressao.php?id_noticia=169. Acesso em: 21 Abril 2013.

ESPIG, S. A.; FREIRE, F. J.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C.; FREIRE, M. B. G. S.; ESPIG, . B. Distribuição de nutrientes entre a vegetação florestal e o solo em fragmento de mata Atlântica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 3, n. 2, p. 132-137, 2008.

FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal 1**. 2 ed. São Paulo: EPU, 1985, 362 p.

FURLANI, A. M. C. Nutrição Mineral. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia de Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 40-75.

GAMA-RODRIGUES, A.C.; BARROS, N.F.;COMERFORD, N.B. Biomass and nutrient cycling in pure and mixed stands of native tree species in Southeastern Bahia, **Revista Brasileira de Ciência Solo**, n. 31, p. 287-298, 2007.

GARAY, I.; KINDEL, A.; LOUZADA, M. A. P.; SANTOS, R. D. Diversidade funcional dos solos na Floresta Atlântica de Tabuleiros. In: GARAY, I.; RIZZINI, C. M. **A Floresta Atlântica de Tabuleiros: Diversidade Funcional da cobertura arbórea**. Petrópolis:Vozes. 2.ed. 255p. 2004.

GARAY, I.; NORONHA, F.; MORAES, V. R. Raízes finas nos horizontes do topo do solo em relação a atividades extrativistas em fragmentos de Floresta Atlântica de Tabuleiros, em Sooretama, ES. **Floresta e ambiente**. v.15, n.1, p. 34-48, 2008

GILMAN, L.N.; WRIGHT, S.D.; OGDEN, J. Response of forest tree seedlings to simulate litterfall damage. **Plant Ecology**, v. 169, n. 1, p. 53-60, 2003.

GODINHO, T. O.; CALDEIRA, M. V. W.; ROCHA, J. H. T.; CALIMAN, J. P.; VIERA, M. Fertilidade do solo e nutrientes na serapilheira em fragmento de floresta estacional semidecidual. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 1, n. 3, p. 97-109, 2013.

GODINHO, T. O.; CALDEIRA, M. V. W.; ROCHA, J. H. T.; CALIMAN, J. P.; TRAZZI, P. A. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de floresta estacional Semidecidual submontana, ES. **Cerne**, v. 20, n. 1, p. 11-20, 2014.

GOLLEY, F. B. **Tropical rain forest ecosystems: structure and function**. Amsterdam: Elsevier, 1983. 392 p.

GONÇALVES, M.A.M. **Avaliação da serapilheira em fragmento de floresta atlântica no sul do estado do Espírito Santo**. 2008. 85 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2008.

GONZALEZ, M. I. M.; GALLARDO, J. F. El efecto hojarasca: una revisión. **Anales de Edafología y Agrobiología**, v.41, n.5/6, p.1129-1157, 1982.

GRUGIKI, M. A. **Ciclagem de nutrientes em coberturas em coberturas florestais no sul do estado do Espírito Santo**. Jerônimo Monteiro: UFES, 2011. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2011.

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

HANSSON, K.; OLSSON, B.A.; OLSSON, M.; JOHANSSON, U.; KLEJA, D.B.. Differences in soil properties in adjacent stands of Scots pine, Norway spruce and silver birch in SW Sweden. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n.3, p. 522-530, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual Técnico da vegetação brasileira**. 2ª edição. Rio de Janeiro. 271 p. 2012.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. Vitória, ES, 2014. Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br>>. Acesso em 27 mai. 2014.

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Programa de assistência técnica e extensão rural PROATER 2011–2013**: Planejamento e programação de ações. Sooretama, 2011. Disponível em: <<http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Nordeste/Sooretama.pdf>>. Acesso em: 02 de Abril de 2014.

JORDAN, C. F. **Nutrient cycling in tropical forest ecosystems**. New York: John Wiley, 1985. 190 p.

KAGEYAMA, P. Y. e GANDARA, F. B. **Recuperação de áreas ciliares**. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. Matas ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: USP/Fapesp, 2000. p. 249-269.

KINDEL, A.; GARAY, I. Humus form in ecosystems of the Atlantic Forest, Brazil. **Geoderma**, v. 108, p.101-118, 2002.

KLEINPAUL, I.S.; SCHUMACHER, M.V.; BRUN, E.J.; BRUN, F.G.K.; KLEINPAUL, J.J. Suficiência amostral para coletas de serapilheira acumulada sobre o solo em *Pinus elliottii* engelm, *Eucalyptus* sp. e Floresta Estacional Decidual. **Árvore**, v.29, n.6, p.965-972, 2005.

KLIPPEL, V. H. **Avaliação de métodos de restauração florestal de Mata Atlântica de Tabuleiros**. Jerônimo Monteiro: UFES, 2011. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2011.

KOLM, L.; POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus grandis* submetidos à prática de desbastes progressivos. **Scientia Forestalis**. n. 63, p. 79-93, 2003.

KOSLOWSK, T. T.; KRAMER, P. J.; PALLARDY, S. G. **The physiology ecology of wood plants**. San Diego, USA: Academic Press, 1991. 657 p.

KRAMER, P. J.; KOSLOWSK, T. T. **Physiology of wood plants**. New York: Academic Press, 1979. 811 p.

LEITÃO-FILHO, H. F. et al. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão**. 1. ed. São Paulo: UNESP, 1993. 184 p.

MACHADO, M. R.; RODRIGUES, F. C. M. P.; PEREIRA, M. G. Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. **Árvore**, v. 32, n.1, p. 143-151, 2008.

MAFRA, A. L.; GUEDES, S. F. F.; KLAUBERG FILHO, O.; SANTOS, J. C. P.; ALMEIDA, J. A.; ROSA, J. D. Carbono orgânico e atributos químicos do solo em áreas florestais. **Árvore**, v. 32, n. 2, p. 217-224, 2008.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 1995, 889p.

MEGURO, M.; VINUEZA, G. N.; DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo. I Produção e conteúdo mineral do folheto. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, v. 7, p. 11-31, 1979.

MELILLO, J. M., ABER, J. D. MURATORE, J. F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. **Ecology**, v.63, p 621-626, 1982.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELLO, W. J. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Ed). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, p. 171-223, 1999.

MONTAGNINI, F.; JORDAN, C. Reciclaje de nutrientes. In: GUARIGUATA, M.R.; KATTAN, G.H. **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. Cartago, 2002. p.167-191.

MORAES, L. F. D.; CAMPELLO, E. F. C.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A. Características do solo na restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica Poço das Antas, RJ. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 2, p. 193-206, 2008.

MOREIRA, P. R.; SILVA, O. A. Produção de serapilheira em área reflorestada. **Árvore**, v.28, n.1, p. 49-59, 2004.

MUMMEY, D.L.; STAHL, P.D.; BUYER, J.S. Microbial biomarkers as an indicator of ecosystem recovery following surface mine reclamation. **Applied Soil Ecology**, v.21, p. 251-259, 2002.

NETO, T. A. C.; PEREIRA, M. G.; CORREA, M. E. F; ANJOS, L. H. C. dos. Deposição de serapilheira e mesofauna edáfica em áreas de eucalipto e Floresta secundária. **Floresta e Ambiente**, v. 8, n. 1, p. 70-75, 2001.

NILSSON, L. O.; HÜTTL, R. F.; JOHANSSON, U. T.; JOCHHEIM, H. Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems: present status and future research directions. **Plant and Soil**, The Hague, v. 168/169, n. 1, p. 5-13, 1995.

NOGUEIRA, J. de. S.; SANCHES, L.; PINTO JUNIOR, O. B.; ALMEIDA, E. D. de. Seasonal Patterns of Nitrogen and Phosphorus in the Litter and Soil Surface of Transitional Amazon Cerrado Forest, Brazil. **Journal of Environmental Science and Engineering**, v. 5, p. 5-14, 2011.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, J. T.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.

OLIVEIRA, C. C. C. et al. Produção e decomposição de serapilheira em um reflorestamento e um fragmento de floresta madura. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2007, Caxambu. **Anais eletrônicos**. Caxambu: s.ed, 2007. Disponível em: <<http://www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/1541.pdf>>. Acesso em: 20 Abr. 2014.

OLSON, J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, n. 2, p. 322-330, 1963.

PAGANO, S.N.; DURIGAN, G. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do oeste do estado de São Paulo, Brasil. In: RODRIGUES, R.R; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP: FAPESP, 2000. p.109-123.

PARROTTA, J.A. The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems. **Agriculture, ecosystems & environment**, v.41, p. 115-133, 1992.

PARROTTA, J.A.; TURNBULL, J. W.; JONES, N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, v.99, p. 1-7, 1997.

PAULA, A. de.; SOARES, J. J. Estrutura horizontal de um trecho de floresta ombrófila densa de terras baixas na reserva biológica de Sooretama, Linhares, ES. **Floresta**, v. 41, n. 2, p. 321-334, 2011.

PEIXOTO, A.L.; SILVA, I.M; PEREIRA, O.J.; SIMONELLI, M.; JESUS, R.M; ROLIM, S.G. Tabuleiro Forests North of the Rio Doce: Their representation in the Vale do Rio Doce Natural Reserve, Espírito Santo, Brazil. In: THOMAS, W.W. (ed.). **The Atlantic Coastal Forest of Northeastern Brazil**. New York: The New York Botanical Garden Press, 2008. p. 313-344.

PIMENTA J. A. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de um reflorestamento e de uma floresta estacional semidecidual no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 1, p. 53-57, 2011.

PINTO, S.I.C.; MARTINS, S.V.; BARROS, N.F.; DIAS, H.C.T. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta Estacional Semidecidual na Reserva Florestal Mata do Paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **Árvore**, v.33, n.4, p.653-663, 2009.

RIBEIRO, P. H. **Matéria orgânica e atributos químicos em solo de tabuleiros costeiros sob diferentes coberturas vegetais**. Jerônimo Monteiro: UFES, 2011. 41 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2011.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda, 1997. 747 p.

RODRIGUES, A. B. C.; SCARAMUZZA, W. L. M. O.; SCARAMUZZA, J. F.; ROCHA, F. Atributos químicos em solo sob floresta nativa e capoeira. **Uniciências**, v. 14, n. 1, p. 9-24, 2010.

SÁ, R. C. de; PEREIRA, M. G.; FONTANA, A. Características físicas e químicas de solos de tabuleiros em Sooretama (ES). **Floresta e Ambiente**, v. 10, n. 2, p. 95 - 99, 2003.

SANTOS, A. R. **Dinâmica da serapilheira e ciclagem de nutrientes na Floresta Ombrófila Densa do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, Brasil**. São Paulo: USP, 2014. 119 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2014.

SAYER, E.J.; TANNER, E.V.J.; CHEESMAN, A.W. Increased litterfall changes fine root distribution in a moist tropical forest. **Plant and Soil**, v 281, p. 5-13, 2006.

SCHEER, M.B.; CURCIO, G.R.; RODERJAN, C.V. Funcionalidades ambientais de solos altomontanos na Serra da Igreja, Paraná. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v. 35, p. 1113-1126, 2011.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. **Bioscience Journal**, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.

SILVA, A. M. da.; CANUTO, D. S. de. O.; MORAES, M. L. T. de.; BUZETTI, S. Avaliação das propriedades químicas em solos de Cerrado sob reflorestamento ciliar. **Floresta**, v. 42, n. 1, p. 49-58, 2012.

SILVA, D. C.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; OLIVEIRA, A. H.; SOUZA, F. S.; MARTINS, S. G.; MACEDO, R. L. G. Atributos do solo em sistemas agroflorestais, cultivo convencional e floresta nativa. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 13, n.1, p. 77-86, 2011.

SILVA, I. R. da.; MENDONÇA, E. de S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVARES, V. V. H.; BARROS, N. F. de.; FONTES R. L. F. F.; CANTARUTII, R. B. C.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007, p. 275-374.

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 206-268.

SPERANDIO, H. V. **Tephrosia cândida D. C. e Mimosa velloziana Mart: biomassa, serapilheira e fertilidade do solo**. Jerônimo Monteiro: UFES, 2013. 61 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES, 2013.

SPERANDIO, H. V; CECILIO, R. A; SILVA, V. H; LEAL, G. F; BRINATE, I. B; CALDEIRA, M. V. W. Emprego da Serapilheira Acumulada na Avaliação de Sistemas de Restauração Florestal em Alegre-ES. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 460-467, 2012.

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

SUGUIO, K.; MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. L. M. Evolução da planície costeira do Rio Doce (ES) durante o quaternário: influência das flutuações do nível do mar. In: **Anais** do Simpósio Quaternário no Brasil, Anais 4, Rio de Janeiro. São Paulo: ACIESP, 1982.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Massachusetts: Sinauer Associates. Publishers, 1998, 792 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2.ed., Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim Técnico, 5).

TURNER, B. L.; FROSSARD, E.; BALDWIN, D. S. **Organic phosphorus in the environment**. Ascona, Switzerland: Organic phosphorus, 2003. 391 p.

VOGEL, H.L.M.; SHUMACHER, M.V.; Quantificação dos nutrientes na serapilheira em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em São Gabriel-RS, Brasil. In; FERTBIO. **Anais...** Guarapari, ES, 2010.

VILLALOBOS-VEGA, R.; GOLDSTEIN, G.; HARIDASSAN, M.; FRANCO, A.C.; MIRALLES-WILHELM, F.; SCHOLZ, F.G.; BUCCI, S.J. Leaf litter manipulations alter soil physicochemical properties and tree growth in a Neotropical savanna. **Plant Soil**, v. 346, p.385-397, 2011.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **Árvore**, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

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

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

WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; GIESEKE, L. F. Produção de serrapilheira em três trechos de uma floresta semidecidual com diferentes graus de perturbação na Estação Ecológica de Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, n. 2, p. 195-198, 2001.

YADA, M. M. **Atributos químicos e bioquímicos em solos Degradados por mineração em ecossistema amazônico em recuperação**. Jaboticabal: UNESP, 2011. 66 f (Mestrado em Agronomia) Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2011.

YAN, F.; SCHUBERT, S.; MENGEL, K. Soil pH increase due to biological decarboxylation of organic anions. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, p. 617-624, 1996.

CAPÍTULO II

**TEOR E REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DE *Bixa arborea*
Huber. E *Joannesia princeps* Vell. EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO DE
FLORESTA OMBRÓFILA DENSA DAS TERRAS BAIXAS**

RESUMO

Uma importante estratégia de aproveitamento de nutrientes pelas plantas é a redistribuição de nutrientes. Em espécies nativas da Mata Atlântica pouco se conhece sobre este mecanismo. Estudos com vistas a avaliar a redistribuição de nutrientes das mesmas pode ser uma importante ferramenta na escolha de espécies potenciais para restauração de áreas degradadas. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho analisar o teor e a redistribuição de nutrientes de duas espécies de evidente destaque quanto a produção de serapilheira e crescimento, na restauração de áreas degradadas do norte do Espírito Santo, que são a *Bixa arborea* Huber. e a *Joannesia princeps* Vell. O estudo foi realizado em três tratamentos (T1= 29 espécies; T2= 58 espécies; T3= 114 espécies). Em cada tratamento foram selecionados aleatoriamente cinco indivíduos de cada espécie e sob suas copas instalados dois coletores retangulares. Após um mês as folhas interceptadas nos coletores (folhas senescentes) foram recolhidas, sendo nesta mesma ocasião realizada a coleta de folhas da copa (folhas maduras). As coletas de material ocorreram em outubro de 2013 (estação com menor precipitação) e em janeiro de 2014 (estação com maior precipitação). Após secagem em estufa, as amostras foram trituradas e submetidas à análise química, para determinação dos teores dos nutrientes, e, posteriormente, calculadas as redistribuições. Para a análise dos teores dos nutrientes dos tecidos vegetais utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em um esquema fatorial (3 tratamentos por 2 estágios fisiológicos das folhas) com cinco repetições. As diferentes riquezas dos tratamentos não influenciaram nos teores da maior parte dos nutrientes do tecido foliar das duas espécies em ambas as épocas. Os nutrientes N, K e P foram os mais redistribuídos nas duas espécies. A redistribuição de nutrientes em *J. princeps* tendeu ser mais elevada no período de menor precipitação, e a *B. arborea* tendeu a ser maior no período de maior precipitação. As espécies apresentaram um eficiente padrão de reaproveitamento de nutrientes, evidenciando grande potencial na restauração florestal.

Palavras-chave: Ciclagem bioquímica, eficiência nutricional de florestas, mobilidade de nutrientes.

ABSTRACT

An important strategy for utilization of nutrients by plants is the redistribution of nutrients. Native species in the Atlantic Forest, little is known about this mechanism. Studies to evaluate the redistribution of nutrients of these species can be an important tool in the selection of potential species for restoration of degraded areas. This way, the objective of this work was to analyze the content and redistribution of nutrients from two species of apparent spotlight as litter production and growth, restoration of degraded areas in the north of the Espírito Santo, which is the *Bixa arborea* Huber. and *Joannesia princeps* Vell. The study was conducted in three treatments (T1 = 29 species; T2 = 58 species; T3 = 114 species). In each treatment were randomly selected five individuals of each species under their canopies installed two rectangular collectors. After a month the leaves intercepted the collectors (senescent leaves) were collected, being held this same time collecting leaves at the top (mature leaves). The collections of material occurred in October 2013 (with lower rainfall season) and January 2014 (with highest rainfall station). After oven drying, the samples were triturated and subjected to chemical analysis to determine the levels of nutrients, and subsequently calculated redistributions. To analyze the nutrient content of plant tissues used the randomized design in a factorial design (3 treatments per two physiological stages of leaves) with five replications. The wealth of different treatments did not influence the levels of most nutrients from leaf tissue of both species in both seasons. The nutrients N, P and K were redistributed over the two species. The redistribution of nutrients in *J. princeps* tended to be higher in periods of low rainfall, and *B. arborea* tended to be higher in the period of greatest rainfall. Species showed an efficient pattern of reuse of nutrients, showing great potential for forest restoration.

Keywords: Biochemical cycling, nutritional efficiency of forests, mobility of nutrients

1. INTRODUÇÃO

A quantidade de nutrientes envolvidos no sistema solo-planta é um fator preponderante no desenvolvimento e produção de florestas em ecossistemas florestais. A limitação de nutrientes pode ser avaliada por meio de medidas da disponibilidade de nutrientes no solo vinculados aos teores de nutrientes nos tecidos vegetais (AERTS; CHAPIN, 2000; VITOUSEK, 2004).

Segundo Chapin (1980), plantas que se desenvolvem em solos de baixa fertilidade podem apresentar maiores teores de nutrientes nas folhas do que plantas de solos com boa fertilidade. Esta questão, muito provavelmente, está relacionada ao desenvolvimento de mecanismos estratégicos de conservação de nutrientes pela espécie vegetal (BREEMEN, 1995; SATTI et al., 2003), preconizada pela eficiência na utilização dos nutrientes pelas plantas.

A eficiência na utilização dos nutrientes depende da sua disponibilidade, onde a eficiência na reutilização interna pela vegetação está relacionada a baixas reservas de nutrientes no solo, enquanto que a ineficiência relaciona-se a níveis adequados ou abundância de nutrientes no solo (VITOUSEK, 1984).

Neste sentido, um importante mecanismo de aproveitamento de nutrientes é a ciclagem no interior dos tecidos vegetais, conhecido como ciclagem bioquímica, redistribuição ou retranslocação de nutrientes. A ciclagem bioquímica confere a passagem de determinado nutriente de um órgão para outro, como por exemplo, de uma folha fisiologicamente mais velha para uma folha nova (SWITZER; NELSON, 1972).

Os teores de nutrientes da biomassa vegetal são influenciados principalmente pela idade da folha e pela espécie florestal em questão. Assim, a idade está relacionada com a redistribuição dos nutrientes para tecidos mais novos ou para drenos antes da senescência de tecidos mais velhos (CALDEIRA; SCHUMACHER; RODRIGUES, 2002).

Saur Nambiar e Fife (2000) afirmaram que estudos de redistribuição de nutrientes para espécies coníferas e espécies decíduas perenes são abundantes, em contrapartida, poucos são os que buscam avaliar a translocação em espécies

folhosas nativas diversas. Ainda hoje, esta premissa de quatorze anos atrás ainda é verdadeira, o que confere uma enorme lacuna de conhecimento a cerca desta questão.

Diante do exposto, pouco se conhece sobre a ciclagem bioquímica de espécies nativas de Mata Atlântica. Estudos no sentido de avaliar a eficiência na utilização de nutrientes pelas mesmas pode ser uma importante ferramenta para a escolha de espécies potenciais para restauração de áreas degradadas. Espécies que apresentam maior redistribuição utilizam os nutrientes de forma mais eficiente, desenvolvendo-se normalmente em solos de baixa fertilidade. Isto possibilita que em um primeiro momento, as espécies mais adaptadas a condições de pouca disponibilidade de nutrientes ocupem o sítio degradado melhorando-o fisicamente e quimicamente, e abrindo caminho para o desenvolvimento das outras mais exigentes.

Com isso, é de relevante importância o estudo a cerca da eficiência do uso dos nutrientes para espécies implantadas em área de restauração, como a *Bixa arborea* Huber. e a *Joannesia princeps* Vell. Estas espécies vêm despertando interesse para estudos mais aprofundados, dado que se encontram presentes em grande número na floresta de tabuleiro do norte do Espírito Santo e têm apresentado ótimos resultados com relação à cobertura do solo e rápido crescimento em projetos locais de restauração florestal.

Frente ao explicitado, duas hipóteses são formuladas em relação às espécies *Bixa arborea* Huber. (*B. arborea*) e *Joannesia princeps* Vell (*J. princeps*): i) o teor e a redistribuição de nutrientes das duas espécies são influenciados pelas diferentes riquezas de espécies do entorno; ii) as duas espécies apresentam elevada redistribuição de nutrientes no interior dos seus tecidos.

A fim de verificar estas hipóteses, objetivou-se com o presente estudo avaliar o teor e a redistribuição de nutrientes das espécies supracitadas (*J. princeps* e *B. arborea*), em tratamentos com diferentes riquezas e em duas épocas (período de maior precipitação e período de menor precipitação).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

A área objeto do presente estudo é a mesma que foi apresentada e caracterizada no tópico “Características da área em estudo”, contido entre as páginas 20 e 30 desta dissertação. Dos seis tratamentos apresentados inicialmente, foram utilizados três (T1, T2 e T3), os quais se diferenciam quanto à riqueza de espécies, sendo o espaçamento de 2 x 2 m o mesmo para todos eles (Tabela 11).

Tabela 11 – Tratamentos utilizados no estudo de redistribuição de nutrientes das espécies *Bixa arborea* Huber. e *Joannesia princeps* Vell., na RNV, Linhares, ES.

Tratamento	Espaçamento	Riqueza (números de espécies)
T1	2 x 2	29
T2	2 x 2	58
T3	2 x 2	114

Fonte: Reserva Natural Vale, adaptado pelo autor

2.2. COLETA E PROCESSAMENTO DO MATERIAL VEGETAL

Para o estudo da ciclagem bioquímica, foram escolhidos aleatoriamente em cada tratamento cinco indivíduos de cada espécie a ser estudada (*Bixa arborea* Huber. e *Joannesia princeps* Vell.).

Sob copa de cada indivíduo foram instalados dois coletores compostos por uma estrutura de cano PVC, revestida por tela em malhas de nylon de 1 mm, nas dimensões de 1,0 x 1,0 m (1,0 m²) e 0,30 m de altura do solo (Figura 10), onde foram depositadas as folhas senescentes das espécies selecionadas.

Figura 10 - Coletores de serapilheira utilizados no trabalho.



Fonte: o autor

Os coletores foram instalados na área em setembro de 2013 e a coleta ocorreu em duas ocasiões: a primeira em outubro de 2013 (início da estação chuvosa) e a segunda em janeiro de 2014 (meio da estação chuvosa). Os coletores foram esvaziados no mês que antecedeu a segunda coleta.

O material interceptado nos coletores foi recolhido após um mês de deposição, ocasião na qual também se coletaram folhas da copa (folhas maduras), na parte intermediária da copa das árvores, nos quatro pontos ortogonais.

As amostras de folhas maduras, bem como das folhas senescentes, foram colocadas em sacos de papel pardo para secar em estufa de circulação e renovação de ar a 65 °C, até atingir massa constante. O material foi triturado em moinho do tipo Wiley, passado em peneira de malha 1,0 mm (20 mesh) e armazenado em frasco de vidro para posterior análise química, segundo metodologia proposta por Tedesco et al., (1995) e Miyazawa et al., (1999).

Os teores dos nutrientes das folhas senescentes e maduras foram analisados no Laboratório de Recursos Hídricos do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo.

A redistribuição dos macro e micronutrientes foi estimada pela fórmula proposta por Negi e Sharma (1996) e adaptada por Chuyong, Newbery e Songwe (2000), a qual leva em consideração a redistribuição do Ca como referência, por este ser um nutriente de baixa mobilidade na planta:

$$\text{Red. (\%)} = 100 \times \left[1 - \left(\frac{X}{Y} \right) \right]$$

Em que:

Red.(%) = Redistribuição dos nutrientes (%);

$$X = \frac{\text{teor do nutriente em folhas senescentes (g kg}^{-1} \text{ ou mg kg}^{-1})}{\text{teor de Ca em folhas senescentes ((g kg}^{-1})}$$

$$Y = \frac{\text{teor do nutriente em folhas maduras (g kg}^{-1} \text{ ou mg kg}^{-1})}{\text{teor de Ca em folhas maduras (g kg}^{-1})}$$

2.3. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 3 x 2, ou seja, 3 tratamentos (variando em riqueza de espécies) e folhas de 2 estágios fisiológicos (folhas maduras e senescentes), com 5 repetições, para o teor dos nutrientes, sendo a análise realizada em dois períodos de coleta, sendo um outubro de 2013 (estação com menor precipitação) e o segundo em janeiro de 2014 (estação com maior precipitação).

Previamente à análise estatística, os dados provenientes da análise química das folhas senescentes e maduras foram submetidos ao teste de normalidade de resíduos de Shapiro-Wilk e ao teste de homogeneidade de variâncias de Cochran. Quando os dados dos atributos não apresentaram distribuição normal e/ou heterogeneidade de variância, os mesmos foram transformados de diferentes maneiras, via função logarítmica, raiz quadrada dos dados, raiz quadrada inversa dos dados, ou, exponencial quadrada.

Para dizer se os efeitos foram significativos, procedeu-se com a análise de variância e teste de F (0,05), e, quando significativo, foi realizado o teste de Tukey (0,05), para comparação entre as médias dos tratamentos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. TEORES DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DE *Joannesia princeps* Vell. E *Bixa arborea* Huber.

Para nenhum dos nutrientes avaliados houve interação significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos e os estágios fenológicos das folhas das duas espécies. Desta forma cada fator foi analisado separadamente por meio do teste de Tukey (Tabelas 12 e 13).

Tabela 12 – Teores médios dos nutrientes em folhas de *Joannesia princeps* Vell. e *Bixa arborea* Huber. nos três tratamentos estudados, na RNV, Linhares, ES

Espécie	Trat.	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu
²Período de menor temperatura e precipitação											
<i>J. princeps</i>	¹ T1	21,00 a	1,63 a	11,74 a	10,68 a	4,48 a	1,12 a	24,07 a	81,40 a	125,20 a	23,02 a
	T2	20,75 a	1,45 a	11,69 a	8,88 a	3,72 a	1,09 a	20,07 a	61,35 a	126,50 a	25,20 a
	T3	20,93 a	1,29 a	11,98 a	9,69 a	4,16 a	1,10 a	23,09	133,30 a	117,60 a	23,29 a
	³ CV(%)	26,55	42,48	27,99	45,95	16,09	29,57	29,17	46,05	9,06	26,34
<i>B. arborea</i>	T1	13,79 a	0,43 a	6,37 a	3,49 a	1,98 ab	1,72 b	13,93 a	66,60 a	175,30 a	10,93 b
	T2	13,96 a	0,44 a	6,57 a	3,58 a	1,93 b	1,86 ab	15,27 a	66,00 a	210,20 a	14,68 ab
	T3	12,95 a	0,40 a	5,74 a	3,88 a	2,44 a	1,94 a	17,13 a	69,25 a	179,20 a	16,54 a
	CV(%)	12,45	22,53	21,98	16,73	20,32	9,18	24,75	16,28	28,53	31,27
Período de maior temperatura e precipitação											
<i>J. princeps</i>	T1	14,31 a	0,81 a	6,83 a	11,59 a	3,53 a	0,97 ab	16,00 b	63,25 a	98,95 a	8,89 ab
	T2	16,66 a	0,98 a	7,36 a	10,38 a	4,06 a	1,08 a	21,68 a	74,55 a	110,70 a	9,90 a
	T3	17,11 a	0,83 a	6,14 a	9,40 a	3,24 a	0,864 b	17,55 b	55,75 a	81,35 a	7,62 b
	CV(%)	17,86	24,37	30,84	31,89	20,54	18,81	16,69	25,39	30,02	21,24
<i>B. arborea</i>	T1	15,015 a	0,62 a	5,21 a	3,67 a	2,15 a	1,75 a	16,11 a	63,40 a	157,00 a	4,99 a
	T2	15,08 a	0,53 a	4,65 a	3,67 a	2,03 a	1,75 a	17,80 a	53,25 a	167,50 a	4,65 a
	T3	14,14 a	0,45 a	3,65 a	3,13 a	1,84 a	1,81 a	15,18 a	63,10 a	130,90 a	4,04 a
	CV(%)	10,88	36,65	22,54	23,72	28,49	24,17	24,28	41,27	29,26	30,73

⁽¹⁾Tratamento – (T1) riqueza de 29 espécies; (T2) riqueza de 58 espécies; (T3) riqueza de 114 espécies. ⁽²⁾Período de menor temperatura e precipitação – início da estação chuvosa (Out/2013); período de maior temperatura e precipitação – meio da estação chuvosa (Jan/2014). ⁽³⁾Coefficiente de variação.

Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: o autor

Tabela 13 – Teores médios de macro e micronutrientes em folhas de diferentes estágios fenológicos de *Joannesia princeps* Vell. e *Bixa arborea* Huber., em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES.

Espécie	Folhas	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹			
		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu
Período de menor temperatura e precipitação											
<i>J. princeps</i>	¹ FS	16,10 b	0,93 b	6,51 b	10,74 a	3,56 b	0,97 b	18,57 b	128,6 a	143,37 a	20,81 b
	FM	25,69 a	1,98 a	17,10 a	8,76 a	4,68 a	1,25 a	26,25 a	55,43 a	102,83 b	26,87 a
	³ CV(%)	26,55	42,48	27,99	45,95	16,09	29,57	29,17	46,05	9,06	26,34
<i>B. arborea</i>	FS	9,99 b	0,12 b	3,75 b	3,67 a	1,82 b	1,66 b	13,94 b	68,03 a	177,47 a	13,78 a
	FM	17,15 a	0,73 a	8,71 a	3,63 a	2,41 a	2,03 a	16,95 a	66,53 a	199,00 a	14,32 a
	CV(%)	12,45	22,53	21,98	16,73	20,32	9,18	24,75	16,28	28,53	31,27
Período de maior temperatura e precipitação											
<i>J. princeps</i>	FS	13,42b	0,60 b	4,24 b	10,84 a	3,54 a	0,90 b	18,82 a	70,27 a	103,83 a	8,73 a
	FM	18,64 a	1,16 a	9,31 a	10,07 a	3,69 a	1,05 a	18,00 a	58,77 a	90,17 a	8,87 a
	CV(%)	17,86	24,37	30,84	31,89	20,54	18,81	16,69	25,39	30,02	21,24
<i>B. arborea</i>	FS	10,20 b	0,26 b	1,98 b	4,87 a	2,02 a	1,70 a	19,11 a	87,83 a	203,67 a	4,41 a
	FM	19,30 a	0,81 a	7,02 a	2,11 b	1,99 a	1,84 a	13,62 b	32,00 b	99,93 b	4,71 a
	CV(%)	17,86	24,37	30,84	31,89	20,54	18,81	16,69	25,39	30,02	21,24

⁽¹⁾ FS – folhas senescentes; ⁽²⁾ FM – folhas maduras. ⁽²⁾Período de menor temperatura e precipitação – início da estação chuvosa (Out/2013); período de maior temperatura e precipitação – meio da estação chuvosa (Jan/2014). ⁽³⁾Coefficiente de variação.

Médias seguidas por uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Fonte: o autor

Em relação aos tratamentos, em ambas as épocas avaliadas não se verificaram diferenças significativas para a maioria dos nutrientes (N, P, K, Ca, Fe e Mn) (Tabela 12), evidenciando que as diferentes riquezas de espécies dos tratamentos não influenciaram no teor destes nutrientes em folhas senescentes e maduras.

Para a *J. princeps* os nutrientes que foram diferentes significativamente entre os tratamentos no período de maior temperatura e precipitação foram S, Zn e Cu, não existindo diferença no período de menor temperatura e precipitação. Já para *B. arborea*, o Mg, o S e o Cu foram significativos no período de menor temperatura e precipitação, não existindo diferença entre nenhum nutriente para o período de maior temperatura e precipitação.

No período de maior temperatura e precipitação, os teores dos nutrientes de *J. princeps* que apresentaram diferença significativa entre os tratamentos tenderam a apresentar maiores valores no T2. Já no período de menor temperatura e

precipitação, os teores dos nutrientes significativos para a *B. arborea* tenderam a apresentar maiores valores no tratamento T3.

Como em ambas as espécies encontram-se os mesmos níveis dos fatores estudados, uma provável explicação para tal variação é a característica de cada espécie e a eficácia em competir por nutrientes com o restante da vegetação.

Quanto ao estágio fenológico das folhas das duas espécies, senescentes (FS) e maduras (FM), constataram-se diferenças significativas para os teores de todos os nutrientes, em pelo menos uma das épocas estudadas (Tabela 13).

Apenas N, P e K exibiram comportamento semelhante para ambas as espécies. Para os demais nutrientes não houve qualquer padrão de diferenciação para as duas espécies e épocas.

Os teores de Ca e Fe, por exemplo, não foram significativos entre os estágios fenológicos das folhas em nenhuma das épocas em *J. princeps*; em *B. arborea*, no período de maior temperatura e precipitação verificou-se diferenças entre os teores de FS e FM, o que não ocorreu no período de menor temperatura e precipitação.

Ocorreu diminuição na concentração de N, P, K, Mg, S e Cu nas folhas senescentes em relação às folhas maduras, confirmando a ocorrência de redistribuição destes macronutrientes das folhas fisiologicamente mais velhas para as mais novas. Diversos trabalhos em florestas nativas documentaram o mesmo comportamento (RENTERIA et al., 2005; CARDENAS; CAMPO, 2007; CAI; BONGERS, 2007; SILVA, 2009), bem como em plantios florestais homogêneos (CALDEIRA et al., 1999; RODRIGUES et al., 2000; ZAIA; GAMA-RODRIGUES, 2004; MENEZES et al., 2008; VIERA; SCHUMACHER, 2009; MENDEZ et al., 2012).

Referente aos teores de Ca, Fe e Mn, verificou-se aumento nas FS. Este fato está relacionado à baixa mobilidade destes nutrientes no interior dos tecidos vegetais (ATTIWILL et al., 1978; VITTI; LIMA; CICARONE, 2006).

Resultados semelhantes, em relação aos nutrientes supracitados, foram encontrados nos trabalhos de Mendes et al., (2012) e Viera e Schumacher (2009). Ambos avaliaram teor e redistribuição de nutrientes nos diferentes estágios foliares vegetais. O primeiro, em folha de *Hevea brasilienses* L., em Nepomuceno, MG; e, o segundo, em *Pinus taeda* L., no município de Cambará do Sul, RS. Magalhães e

Blum (1999), também encontraram maiores valores em FS, ao avaliar o teor e redistribuição de nutrientes nos diferentes estágios foliares de espécies florestais na Amazônia Ocidental.

A ausência de diferença significativa entre os estágios fenológicos para os teores de Zn, Fe, Mn Cu em *J. princeps*, durante o período de maior temperatura e precipitação, pode indicar que há pouca redistribuição de micronutrientes nesta espécie durante o período de elevada produtividade primária, extraíndo o necessário do solo.

O N foi o nutriente mais abundante tanto nas folhas senescente quanto nas folhas maduras para as duas espécies estudadas e para as duas épocas. Os valores em FM enquadram-se na faixa nutricional considerada adequada para o desenvolvimento de espécies florestais (12,0–50,0 g kg⁻¹) (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997); CANTARUTTI et al., 2007; PREZOTTI, 2007).

O P, em contrapartida, foi o macronutriente com menores teores em folhas maduras para as duas espécies, nos 2 períodos estudados (maior temperatura e precipitação e menor temperatura e precipitação), estando inclusive abaixo da faixa considerada adequada para o desenvolvimento das plantas, que é de 2 a 5 g kg⁻¹ (FURLANI, 2004).

O baixo teor de P é justificado pelo fato de ser um elemento pouco móvel nos solos tropicais (NOVAIS et al., 2007) e disponível em pequena quantidade, devido à baixa fertilidade dos mesmos (capítulo I). Assim, as espécies estudadas necessitam de mecanismos eficientes na utilização deste elemento para suprir as suas demandas fisiológicas.

O K e o Mg também apresentaram teores inferiores aos considerados adequados às plantas (FURLANI, 2004) em folhas maduras das duas espécies e nas duas épocas, o que pode estar relacionado à baixa fertilidade do solo sob as espécies estudadas, onde observou-se elevada acidez e baixa CTC. Solos com estas características tendem favorecer a lixiviação das bases e a não disponibilizar nutrientes, ocasionando assim uma menor absorção destes nutrientes pelas espécies estudadas (SOUZA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007).

O comportamento do K para ambas as espécies está relacionado à sua mobilidade na planta, pois este nutriente permanece na forma iônica no interior do vegetal, sendo facilmente translocado (MALAVOLTA, 1980).

Já o Mg apresenta comportamento semelhante para ambas as espécies nas duas épocas estudadas, entretanto, ao contrário do K que tem teores menores nas folhas senescentes em ambos os períodos, o Mg não apresenta diferença no período de maior temperatura e precipitação. Mesmo sendo um elemento móvel (DJALMA et al., 2007), aparentemente ambas as espécies têm preferência por absorver este nutriente por fluxo de massa, quando há disponibilidade hídrica (no período de maior temperatura e precipitação), ao invés de translocar das folhas senescentes para as folhas novas quando a baixa disponibilidade hídrica não favorece a absorção do solo (no período de menor temperatura e precipitação).

Os teores de Ca nas folhas maduras de *J. princeps*, nas duas épocas, foram bem próximos aos níveis críticos necessários ao desenvolvimento vegetal. Já nas folhas maduras de *B. arborea*, os teores foram inferiores. Com isso, nota-se que as espécies avaliadas possuem capacidade de absorção de Ca bastantes distintas uma da outra.

Como o Ca está associado à lignificação das paredes celulares, este nutriente não é redistribuído para as partes novas da planta, tendendo a acumular-se nos tecidos mais velhos.

Dentre os micronutrientes (Zn, Fe, Mn e Cu), nenhum apresentou teores nas folhas maduras de *J. princeps* e de *B. arborea* inferiores aos níveis críticos estabelecidos para o desenvolvimento das plantas. Por outro lado, os teores de Fe e Mn foram muito altos, o que possivelmente se deve às suas grandes quantidades no solo. Em condições de solos ácidos a solubilidade de compostos contendo Fe e Mn aumenta, o que favorece a disponibilidade destes no solo, bem como a absorção pelas plantas (MALAVOLTA, 1997), que não é seletiva.

3.2. REDISTRIBUIÇÃO DE NUTRIENTES NAS FOLHAS DE *Joannesia princeps*

Vell. E *Bixa arborea* Huber

Conforme comentado algumas vezes ao longo deste capítulo, a redução do teor de determinado nutriente nas folhas fisiologicamente mais velhas (folhas senescentes - FS) em detrimento do aumento naquelas mais jovens (folhas maduras - FM) é um forte indicativo da ocorrência de sua redistribuição (SILVA, 2009; VIERA; SCHUMACHER, 2009).

Neste sentido, N, P, K, Mg, S, Zn e Cu foram os nutrientes que redistribuíram para outros tecidos, em pelo menos uma das espécies e em uma das épocas (Tabela 14).

Tabela 14 – Redistribuição de nutrientes em folhas de *Joannesia princeps* Vell. e *Bixa arborea* Huber., em área de restauração florestal, na RNV, Linhares, ES.

Época	N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Fe	Mn	Cu
	%									
<i>J. princeps</i>										
E1	48,88	61,69	68,95	0,00	37,96	36,71	42,30	-89,23	-13,72	36,83
E2	33,12	51,95	57,69	0,00	-10,88	20,37	-2,87	-11,07	-6,97	-8,57
<i>B. arborea</i>										
E1	42,38	83,74	57,42	0,00	25,30	19,12	18,65	-1,14	-11,79	-4,82
E2	77,10	86,09	87,78	0,00	-56,05	-59,97	-39,21	-18,92	-11,70	-59,43

⁽¹⁾Época – (E1) período de menor temperatura e precipitação; (E2) período de maior temperatura e precipitação.

*Valores negativos se referem a não ocorrência de redistribuição.

Fonte: o autor

Os macronutrientes N, K e P foram os nutrientes com maior redistribuição em indivíduos de *J. princeps* e *B. arborea* nas duas épocas. Dentre estes, destaca-se o P, pois apresentou os menores teores nas folhas, e por outro lado, juntamente ao K, os mais elevados valores de redistribuição, o que sugere que este seja o nutriente de maior eficiência na sua ciclagem interna.

O N em contrapartida demonstrou uma menor eficiência, uma vez que apesar dos elevados teores no tecido vegetal, sua redistribuição não foi tão expressiva quanto à do P.

A redistribuição dos demais nutrientes (Mg, S, Zn e Cu) não apresentou um padrão bem definido em ambas as espécies, ocorrendo em apenas uma das épocas ou em somente uma das espécies analisadas. Para a *B. arborea* a redistribuição ocorreu predominantemente no período de maior temperatura e precipitação.

O Mg e o S, em relação aos outros macronutrientes, não apresentaram grande redistribuição, tanto para a *J. princeps* quanto para a *B. arborea*. Possivelmente este fato se deve à questão da mobilidade destes nutrientes no floema nas espécies estudadas.

Malavolta (2006) relata o Mg como móvel no interior vegetal; por sua vez, Larcher (2000), classifica a mobilidade deste elemento como restrita. Esta contradição entre trabalhos a cerca da mobilidade do Mg ocorre porque ela não é a mesma para todas as espécies (MALAVOLTA, 2006).

Em relação ao S, estudos mostram que quando ligado a substâncias orgânicas, este elemento possui facilidade de transporte, porém, quando disposto na forma iônica apresenta mobilidade restrita (SILVA et al., 1999; LARCHER, 2000).

Outra possibilidade para a baixa redistribuição do Mg e possivelmente para o S, seja a capacidade destas espécies de suprirem suas necessidades somente com as reservas oriundas do solo, pois a redistribuição desses nutrientes é maior no período de menor precipitação, pois a menor disponibilidade de água dificulta a sua principal via de absorção, que segundo Vitti, Lima e Cicarone (2006) é por fluxo de massa.

O Zn e Cu foram os únicos micronutrientes redistribuídos, sendo que o Cu redistribuiu apenas nas folhas de árvores de *J. princeps*. Em comparação com os macronutrientes, apresentaram valores de redistribuição inferiores a N, P e K (nutrientes mais redistribuídos), e próximos aos valores de Mg e S. Para Malavolta (1980) o Zn e o Cu são elementos de baixa redistribuição interna, muitas das vezes nem realocam na planta, ficando acumulados em folhas mais velhas.

Segundo Silva et al. (1998) isto está relacionado principalmente ao fato de que os nutrientes que fazem parte de compostos orgânicos são mais facilmente redistribuídos, e que íons alcalinos terrosos, como o Ca, são menos redistribuídos.

Verificou-se nos valores de redistribuição dos nutrientes da *J. princeps* uma tendência de serem mais elevados no período de menor temperatura e precipitação.

Já nos valores de redistribuição de *B. arborea*, uma tendência de serem mais elevados no período de maior temperatura e precipitação. Isto pode ter ocorrido, sobretudo, devido às variações fisiológicas entre as estações climáticas a que estão propensas as plantas (TAIZ; ZEIGER, 2004), mas também pode estar relacionado diretamente ao teor de nutrientes em folhas maduras (CHAPIN, 1980).

Em estudo realizado no norte da China, Yuan et al. (2005) constatou que quanto maior o teor de nutrientes no tecido vegetal maduro, maior a redistribuição de nutrientes. No presente estudo, observou-se para a *J. princeps* a tendência de os teores dos nutrientes nas folhas maduras (considerando apenas os que redistribuíram nas duas épocas) serem superiores no período de menor temperatura e precipitação; e para *B. arborea*, no período de maior temperatura e precipitação (exceto o K). Este resultado corrobora com a tendência verificada para a redistribuição de nutrientes.

A redistribuição dos nutrientes também pode estar relacionada à fertilidade dos solos, sendo que naqueles de baixa fertilidade os nutrientes precisam ser utilizados de forma mais eficiente, o que exige uma redistribuição mais acentuada (AERTS, 1996; CALDEIRA et al., 1999). Tendo em mente esta premissa, os valores relativamente altos de redistribuição verificados no presente estudo, para as duas espécies, podem estar relacionados à baixa fertilidade do solo sob o ecossistema em restauração (Capítulo I).

Na Tabela 15 são apresentados valores de redistribuição de nutrientes observados em outras formações florestais do território brasileiro. É possível notar em alguns trabalhos que dentro de um mesmo ecossistema, espécies distintas, apresentam diferenças na capacidade de redistribuição de nutrientes, o que evidencia as peculiaridades inerentes a cada uma delas, no que se refere à eficiência nutricional.

Neste sentido, considerando as redistribuições de nutrientes das espécies do presente estudo, em relação às das demais formações florestais, pode-se verificar que se encontram entre os valores mais elevados, principalmente quanto ao N, P e K.

Dessa forma, é válido ressaltar que as espécies estudadas, *B. arborea* e *J. princeps*, quando comparadas a outras espécies florestais, apresentam um eficiente

“reaproveitamento” de nutrientes. Isto se torna mais evidente, principalmente, ao se considerar o rápido crescimento e a elevada produção de biomassa das mesmas (conforme constatação na ocasião da coleta de dados), tendo em vista, ainda, a baixa fertilidade do solo do local.

Tabela 15 – Redistribuição de nutrientes em outras tipologias florestais.

Tipologia florestal	Característica	Localização	Espécie / Especificações	N	P	K	Mg	S	Zn	Cu	Referência
				%							
Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	Estágio inicial de regeneração	Linhares, ES	<i>Joannesia princeps</i> (Época 1)	48,88	61,69	68,95	37,96	36,71	42,30	36,83	Este estudo
			<i>Joannesia princeps</i> (Época 2)	33,12	51,95	57,69	-	20,37	-	-	
			<i>Bixa arborea</i> (Época 1)	42,38	83,74	57,42	25,30	19,12	18,65	-	Este estudo
			<i>Bixa arborea</i> (Época 2)	77,10	86,09	87,78	-	-	-	-	
Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas	Estágio inicial de regeneração	Paranaguá, PR	<i>Andira anthelminthica</i> (inverno)	24,10	31,16	62,73	-	-	-	-	Protil, Marques e Protil (2009)
			<i>Andira anthelminthica</i> (verão)	62,10	62,10	63,49	-	-	-	-	
			<i>Ilex theezans</i> (inverno)	61,07	15,70	80,11	-	-	-	-	
			<i>Ilex theezans</i> (verão)	57,97	56,85	81,13	-	-	-	-	
			<i>Ocotea pulchella</i> (inverno)	59,67	15,90	80,10	-	-	-	-	
			<i>Ocotea pulchella</i> (verão)	70,06	52,18	68,21	-	-	-	-	
Sistema Agroflorestal		Ouro Preto do Oeste, RO	<i>Theobroma grandiflorum</i>	36,50	63,40	47,40	14,40	44,10	-	-	Corrêa et al. (2006)
			<i>Arthocarpus altilis</i>	28,20	10,60	35,30	-	22,70	-	-	
			<i>Persea americana</i>	50,10	23,10	42,20	-	20,40	-	-	
			<i>Theobroma cacao</i>	36,30	44,30	57,40	4,10	7,10	-	-	
			<i>Gliricidia sepium</i>	46,90	48,60	72,24	-	31,00	-	-	
			<i>schizolobium amazonicum</i>	36,80	28,20	23,70	16,50	40,60	-	-	
			<i>Tectona grandis</i>	29,90	7,60	11,00	11,40	45,30	-	-	

Continua...

Tabela 15, continuação:

Tipologia florestal	Característica	Localização	Espécie / Especificações	N	P	K	Mg	S	Zn	Cu	Referência
				%							
Plantio homogêneo		Patos, PB	<i>Bixa orellana</i>	38,92	37,77	29,98	-	-	-	-	Menezes Junior et al.(2008)
Plantio homogêneo		Cambará do Sul, RS	<i>Pinus taeda</i> (Área de campo nativo)	64,20	64,60	85,70	18,20	3,00	21,80	57,70	Viera e Schumacher (2009)
			<i>Pinus taeda</i> (Área de segunda rotação)	53,60	59,30	70,10	18,90	35,10	19,50	35,30	
Plantio homogêneo		Piracicaba, SP	<i>Pinnus oocarpa</i>	46,00	72,00	84,00	33,00	28,00	-	-	Silva, Santos e Paiva (1998)
			<i>Hevea brasiliensis</i>	59,00	65,00	60,00	33,00	9,00	-	-	
Plantio homogêneo		Piracicaba, SP	<i>Pinnus oocarpa</i>	43,30	65,10	75,80	40,50	42,80	-	-	Rodrigues et al. (2000)
			<i>Hevea brasiliensis</i>	48,30	59,50	57,70	-	2,10	-	-	
Plantio homogêneo		Nepomuceno, MG	<i>Hevea brasiliensis</i>	47,10	55,00	40,00	5,20	13,90	-	12,70	Mendes et al. (2012)
Plantio homogêneo		Rio Claro, SP	<i>Hevea brasiliensis</i>	59,00	73,00	86,00	27,00	9,00	-	-	Mubarch et al. (2003)
Plantio homogêneo		Campos dos Goytacazes, RJ	<i>Eucalyptus grandis</i>	42,80	55,50	34,10	20,00	-	-	-	Zaia e Gama-Rodrigues (2004)
			<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	50,60	62,50	63,40	5,00	-	-	-	
			<i>Eucalyptus pellita</i>	44,10	66,70	46,10	16,70	-	-	-	
Plantio homogêneo		Butiá, RS	<i>Acacia mearnsii</i>	31,95	55,55	53,66	32,00	-	-	-	Caldeira et al. (1999)
Plantio homogêneo		Vista Alegre do Alto	<i>Mangifera indica</i>	41,00	63,00	57,00	-	-	-	-	Almeida et al. (2014)
Floresta de Transição		Mato Grosso	<i>Tovomita schomburgkii</i>	16,67	30,09	84,06	-	-	-	-	Bambi et al. (2011)

⁽¹⁾Época – (1) período de maior temperatura e precipitação; (2) período de menor temperatura e precipitação.

Fonte: o autor

4. CONCLUSÃO

Para as duas espécies, em ambas as épocas estudadas, os tratamentos (riquezas), em geral, não influenciaram nos teores da maior parte dos nutrientes do tecido foliar.

Houve redistribuição de N, P, K, Mg, S e Cu para as folhas mais jovens das duas espécies.

A redistribuição de nutrientes variou entre as espécies florestais. Em *J. princeps*, os valores tenderam a ser mais elevados no período de menor precipitação e temperatura, já para *B. arborea* os valores tenderam a ser maiores no período de maior precipitação e temperatura, influenciados pelo teor de nutrientes nas folhas maduras.

Os nutrientes que obtiveram maior redistribuição, em ambas as espécies, foram o N, K e P, destacando-se este último, dado que apresentou os menores teores e altos valores de redistribuição.

Em geral, observou-se que as espécies estudadas apresentaram um eficiente padrão de redistribuição de nutrientes quando comparadas a outras espécies, evidenciando que possuem potencial para a utilização em restauração florestal de ecossistemas de Mata Atlântica de Tabuleiros, ainda mais ao se considerar o rápido crescimento e a alta produção de biomassa das mesmas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AERTS, R.; CHAPIN, F. S. The mineral nutrition of wild plants revisited: re-evaluation of processes and patterns. **Advances in Ecological Research**, v. 30, p. 1-67, 2000.

AERTS, R. Nutrient resorption from senescing leaves of perennials: are there general patterns? **Journal of Ecology**, v. 84, p. 597-608, 1996.

ALMEIDA, C. X. de.; PITA JUNIOR, J. L.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A. de.; HERNANDES, A.; NATALE, W.; FERRAUDO, A. S. Nutrient cycling in mango trees. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n.1, p. 259-266, 2014.

ATTIWILL, P.M.; GUTHRIE, H.B.; LEUNING, R. Nutrient cycling in a *Eucalyptus oblique* (L'Herit) forest. I. Litter production and nutrient return. **Australian Journal of Botany**, v.261, p.79-91, 1978.

BAMBI, P.; LOBO, F. de. A.; DALMOLIN, A. C.; DIAS, C. A. A. Decomposição e redistribuição de nutrientes das folhas de espécies da floresta de transição Amazônia – Cerrado, MT. **Ciência e Natura**, v. 33, n. 1, p. 17-31, 2011.

BREEMEM, N. V. Nutrient cycling strategies. **Plant and soil**, v. 169, p. 321-326, 1995.

CAI, Z.; BONGERS, F. Contrasting nitrogen and phosphorus resorption efficiencies in trees and lianas from a tropical montane rain forest in Xishuangbanna, south-west China. **Journal of Tropical Ecology**, v. 23, p. 115-118.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; PEREIRA, J. C.; DELLA-FLORA, J. B.; SANTOS, E. M. dos. Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e no folheto em um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v.9, n.1, p. 19-24, 1999.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; RODRIGUES, L. M. Teor e redistribuição de nutrientes nas folhas e nos galhos em um povoamento de *Acacia mearnsii* de Wild. (Acácia-negra). **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.45, p. 69-88, 2002.

CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F.; MARTINEZ, H.E. P.; NOVAIS, R.F. Avaliação da fertilização do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 769-850.

CARDENAS, I.; CAMPO, J. Foliar nitrogen and phosphorus resorption and decomposition in the nitrogen-fixing tree *Lysiloma microphyllum* in primary and secondary seasonally tropical dry forests in Mexico. **Journal of Tropical Ecology**, v. 23, p. 107-113, 2007.

CHAPIN, F. S. The mineral Nutrition of wild plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 11, p. 233-260, 1980.

CHUYONG, G. B.; NEWBERY, D. M. SONGWE, N. C. Litter nutrients and retranslocation in a central African rain forest dominated by ectomycorrhizal trees. **New Phytologist**, v. 148, p. 493-510, 2000.

CORRÊA, F. L. de. O.; RAMOS, J. D.; GAMA-RODRIGUES, A. C. da.; MÜLLER, M. W.; MACEDO, R. G. de.; SOUZA, C. A. S.; ALVARENGA, M. I. N. Ciclagem de nutrientes em sistema agroflorestal com espécies frutíferas e florestais em Rondônia, Brasil, **Agrotropica**, v. 18, p. 71-82, 2006.

CUNHA, G.M.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; COSTA, G.S.; VELLOSO, A.C.X. Fósforo orgânico em solos sob florestas montanas, pastagens e eucalipto no norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, n. 31, p. 667-671, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

FURLANI, A. M. C. Nutrição Mineral. In: KERBAUY, G. B. **Fisiologia de Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 40-75.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

MAGALHAES, L.M.S.; BLUM, W.E.H. Concentração e distribuição de nutrientes em folhas de espécies florestais, na Amazônia Ocidental. **Floresta e ambiente**, v. 6, n. 1, p. 127-137, 1999.

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres. 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição de Mineral de Plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres. 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MENDEZ, A. D. R.; OLIVEIRA, L. E. M. de.; NASCIMENTO, M. N. do.; REIS, K. L.; BONOME, L. T. da. S. Concentração e redistribuição de nutrientes minerais nos diferentes estádios foliares de seringueira. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 4, p. 525-532, 2012.

MENEZES JUNIOR, J. C. de.; WLADIMIR SOBRINHO, N.; SOUTO, J. S.; NASCIMENTO, J. P.; OLIVEIRA, F. T. de.; XAVIER, K. R. F. Diagnose foliar e translocação de nutrientes em plantas de *Bixa arborea* L. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 6, n. 1, 51-56, 2008.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELLO, W. J. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Ed). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Solos, p. 171-223, 1999.

- MUBARCH, M. R.; BOARETTO, A. E.; MURAOKA, T.; SOUZA, E. C. A. de. Nutrient cycling in a rrim 600 clone Rubber plantation. **Scientia agrícola**, v. 60, n. 2, p. 353-357, 2003.
- NEGI, J. D. S.; SHARMA, S. C. Mineral nutrition and resource conservation in *Eucalyptus* plantation and other forest covers in India. In: ATTWILL, P. M., ADAMS, M. A. (Ed.). **Nutrition of *Eucalyptus***. Austrália: CSIRO. 1996. p. 399-416.
- NOVAIS, R. F.; SMYTH, J. T.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 471-550.
- PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 305 p., 2007.
- PROTIL, C. Z.; MARQUES, R.; PROTIL, R. M. Variação sazonal e redistribuição de bioelementos de quatro espécies arbóreas em três tipologias florestais da floresta atlântica do Paraná. **Floresta**, v. 39, n. 3, p. 699-717, 2009.
- RENTERIA, L.Y.; JARAMILLO, V. J.; MARTINEZ-YRIZAR, A .; JIMENEZ, A . P. Nitrogen and phosphorus resorption in trees of a mexican tropical dry forest. **Trees**, v. 19, p. 431-441, 2005.
- RODRIGUES, M. do. R. L.; NEVES, C. S. V. J.; SILVA, A. C.; SANTOS, A. R. dos.; PAIVA, A. V. de.; MELLO, S. L. de. M. Concentração e redistribuição de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* e *Pinus oocarpa*. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 21, n. 1, p. 61-66, 2000.
- SATTI, P.; MAZZARINO, M. J., GOBBI, M.; FUNES, F.; ROSELLI, L.; FERNANDEZ, H. Soil N dynamics in relation to leaf litter quality and soil fertility in north-western Patagonian forests. **Journal of Ecology**, v. 91, p. 173-181, 2003.
- SAUR, E., NAMBIAR, E.K.S., FIFE, D.N. Foliar nutrient retranslocation in *Eucalyptus globulus*. **Tree Physiology**. v. 20, p. 1105-1112, 2000.
- SILVA, A. C.; SANTOS, A. R. dos.; PAIVA, A. V. de. Translocação de nutrientes em folhas de *Hevea brasiliensis* (clone) e em acículas de *Pinus oocarpa*. **Revista da Universidade de Alfenas**, v. 4, p. 11-18, 1998.
- SILVA, A. P. da. **Ciclagem de nutrientes na mata atlântica de baixada na APA da bacia do rio São João, RJ: efeito do tamanho do fragmento**. Campos dos Goytacazes: UENF, 2009. 127 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2009.
- SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 206-268.

SPANGENBERG, A.; GRIMM, U.; SILVA, H.R.S.; FÖLSTER, H. Nutrient store and export rates of *Eucalyptus urograndis* plantation in eastern Amazonia (Jari). **Forestry Ecology Management**, v. 80, p. 225-234, 1996.

SWITZER, G. L.; NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) Plantation Ecosystems: the first twenty years. **Soil Science Society of America Journal**, v. 36, p. 143-147.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solos, plantas e outros materiais**. 2.ed., Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim Técnico, 5).

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V. CONCENTRAÇÃO E RETRANSLOCAÇÃO DE NUTRIENTES EM ACÍCULAS DE *Pinus taeda* L. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 4, p. 375-382, 2009.

VITTI, G. C.; LIMA, E.; CICARONE, F. Cálcio, Magnésio e Enxofre. In: FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 300-325.

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

VITOUSEK, P. M. **Nutrient Cycling and Limitation: Hawai'i as a Model System**. New Jersey: Princeton University Press. 2004. 223 p.

YUAN, Z.; LI, L.; HAN, X.; HUANG, J.; JIANG, G.; WAN, S. Soil characteristics and nitrogen resorption in *Stipa krylovii* native to northern China. **Plant and soil**, v. 273, p. 257-268, 2005.

ZAIA, F. C.; A. C. GAMA-RODRIGUES. Ciclagem e balanço de nutrientes em Povoamentos de eucalipto na região Norte fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 5, p. 843-852, 2004.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em uma abordagem bem ampla, diversos foram os questionamentos aqui levantados, previamente e no decorrer do desenvolvimento da pesquisa. Obviamente, nem todos foram respondidos em plenitude, mas de certo, serviram como ignição para uma busca mais aprofundada das respostas, por meio de outros trabalhos de pesquisa.

No primeiro capítulo, em relação à serapilheira acumulada e ao solo (atributos químicos), as indagações lançadas foram no intuito de saber um diagnóstico da área em restauração, bem como se alguma metodologia se sobressaiu dentre as demais.

De fato, observou-se que o projeto de restauração encontra-se próximo aos padrões de ecossistemas em via de recuperação. Acredita-se que o ecossistema em restauração seja ainda jovem, e, justamente por este motivo, nenhuma metodologia se destacou. Recomenda-se, neste caso, a continuidade da pesquisa, com estudos que avaliem a dinâmica de nutrientes da área em longo prazo, assim como a averiguação mais aprofundada dos atributos edáficos. Recomenda-se também o levantamento florístico e fitossociológico, para um melhor cruzamento de informações, visto que diversos indivíduos arbóreos implantados inicialmente morreram e outros entraram no ecossistema naturalmente.

Deve ser feito ainda o controle de espécies exóticas, como a *Acacia mangium* willd., que em alguns pontos tornou-se dominante, impedindo o crescimento e desenvolvimento de outras espécies, podendo futuramente ocasionar problemas maiores.

Referente ao segundo capítulo, os questionamentos foram direcionados a duas espécies (*Bixa arborea* Huber. e *Joannesia princeps* Vell.) de exponencial destaque (quanto ao crescimento e à produção de biomassa) no projeto de restauração, no sentido de saber sobre a redistribuição de nutrientes e do potencial para utilização destas espécies em outros projetos de restauração de áreas degradadas, em detrimento da baixa exigência nutricional.

Observou-se que as espécies estudadas apresentaram um eficiente padrão de redistribuição de nutrientes quando comparadas a outras espécies, evidenciando que possuem grande potencial para a utilização em restauração florestal de ecossistemas de Mata Atlântica. Para um melhor entendimento da interação planta x ambiente sugere-se levantamentos e estudos mais detalhados sobre as espécies, como exigências edáficas, características fisiológicas, morfológicas e adaptações.