

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE FOLHEDO EM VEGETAÇÃO
SECUNDÁRIA COM A INFLUÊNCIA DO EUCALIPTO NA ZONA
RIPÁRIA**

GLÁUCIA REGINA SANTOS

Dissertação apresentada à Faculdade
de Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Ciência Florestal.

BOTUCATU – SP
Novembro – 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

**PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE FOLHEDO EM VEGETAÇÃO
SECUNDÁRIA COM A INFLUÊNCIA DO EUCALIPTO NA ZONA
RIPÁRIA**

GLÁUCIA REGINA SANTOS

Orientador: Prof. Dr. Valdemir Antônio Rodrigues
Coorientador: Prof. Dr. Silvio Frosini de Barros Ferraz

Dissertação apresentada à Faculdade
de Ciências Agronômicas da UNESP - Câmpus
de Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Ciência Florestal.

BOTUCATU – SP
Novembro – 2016

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO
DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA
- LAGEADO- BOTUCATU (SP)

Santos, Gláucia Regina, 1986-
S237p Produção e decomposição de folheto em vegetação secundária com a influência do eucalipto na zona ripária / Gláucia Regina Santos . - Botucatu : [s.n.], 2016
viii, 89 f. : ils. color., grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2016
Orientador: Valdemir Antônio Rodrigues
Coorientador: Silvio Frosini de Barros Ferraz
Inclui bibliografia

1. *Eucalyptus saligna*. 2. Espécies florestais. 3. Seralpilha - Decomposição. I. Rodrigues, Valdemir Antônio. II. Ferraz, Silvio Frosini de Barros. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu. IV. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "PRODUÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE FOLHEDO EM VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA COM A INFLUÊNCIA DE EUCALIPTO NA ZONA RIPÁRIA"

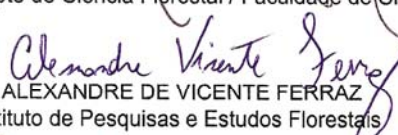
AUTORA: GLAUCIA REGINA SANTOS

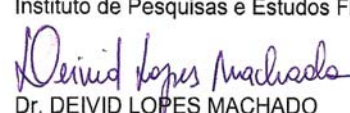
ORIENTADOR: VALDEMIR ANTONIO RODRIGUES

COORIENTADOR: SILVIO FROSINI DE BARROS FERRAZ

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIA FLORESTAL, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. VALDEMIR ANTONIO RODRIGUES
Depto de Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrômicas - UNESP


Dr. ALEXANDRE DE VICENTE FERRAZ
Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais


Dr. DEIVID LOPES MACHADO
Pós-Doutorando do Depto. Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrômicas

Botucatu, 03 de novembro de 2016.

“É nas quedas que o rio cria energia”

Hermógenes

“Diz-se que, mesmo antes de um rio cair no oceano ele treme de medo.

Olha para trás... o longo caminho sinuoso...

À sua frente um oceano tão vasto...

Entrar nele nada mais é que desaparecer para sempre.

Não há outra maneira. O rio não pode voltar.

Somente quando ele entra no oceano é que o medo desaparece.

Porque apenas então o rio saberá que não se trata de desaparecer no oceano, mas tornar-se oceano.”

Osho

AGRADECIMENTOS

Ao atingir um objetivo, uma pessoa nunca luta sozinha, não sofre sozinha e não ganha sozinha...algumas pessoas foram indispensáveis e aqui manifesto a minha eterna gratidão.

Primeiramente agradeço a Deus por me proporcionar uma família maravilhosa.

Ao meu pai por não medir esforços na confecção dos coletores, na resolução dos cálculos, no compartilhamento de ideias e na demonstração do seu amor.

À minha mãe Fátima e irmãos Daniela e Leandro pelos constantes incentivos e imensurável amor.

Ao Prof. Silvio pela confiança, oportunidade e orientação mesmo sendo eu, uma desconhecida.

À amiga Goreti por ajudar no planejamento e na confecção de todas as *litter bags*.

Ao Felipe Grelha pelos incentivos, ensinamentos, ajuda nas identificações de campo, e principalmente pela amizade e companheirismo.

Aos amigos Stephane, Caco e Luna pela companhia e por sempre estarem dispostos a desbravar uma cachoeira ao estilo Bear Grylls!

À incrível viagem ao Acre que me deu a oportunidade de conhecer pessoas muito queridas: Lin, Bárbara, Gabriela, Bambo, Ana Paula, Dayane, Vera, Kátia, Hector, Sebastião, Ariel, dentre outras.

Ao grupo CECA de capoeira angola! dentre eles: Guilherme, Barbara, Lui, Emilio, Caio, Luiza e etc.

À república Vira Pinga onde tive momentos tranquilos de estudo e de boa convivência, apesar das diferenças ali encontradas

Aos estagiários, monitores e pesquisadores do programa Estágio de Férias da Estação Experimental de Itatinga, terei saudade das confraternizações e também das tardes nos alojamentos em que eram frequentes as conversas muito construtivas.

Aos funcionários da Estação Experimental de Itatinga, local onde vivi momentos de muito trabalho e de boa convivência, dentre eles: Rildo, Tonin, Lourival, Elaine, Vavá, as Tias do Restaurante.

Aos estagiários da Unesp que foram indispensáveis (Peroba, Xabi, Tapioca e a querida Ana Luiza).

Ao Professor Raimundo de Souza Passos pelas contribuições nas análises estatísticas.

Ao Laboratório da Horticultura por disponibilizar seu espaço para o processamento das amostras.

À banca de defesa pelas sugestões importantíssimas na conclusão deste trabalho, dentre eles: Alexandre de Vicente Ferraz, Deivid Lopes Machado e meu orientador Valdemir Antônio Rodrigues

Agradeço à CAPES pela concessão da bolsa durante todo o período de pesquisa.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO	5
2. HIPÓTESES	8
3. OBJETIVO	9
3.1. Objetivo geral	9
3.2. Objetivos específicos.....	9
4. REVISÃO DE LITERATURA	10
4.1. Importância da ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais.....	10
4.2. Processo de decomposição vegetal.....	11
4.3. Aspectos químicos do detrito foliar na decomposição.	14
4.4. Relação entre água e fatores físico-químicos	16
5. MATERIAL E MÉTODOS GERAL.....	18
5.1. Descrição e histórico da área de estudo	18
5.2. Dados meteorológicos	20
CAPÍTULO I: PRODUÇÃO DE FOLHEDO EM VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA COM HISTÓRICO DE CULTIVO DE EUCALIPTO NA ZONA RIPÁRIA.....	22
6. INTRODUÇÃO	22
7. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
7.1. Caracterização da vegetação.....	25
7.2. Coleta da serapilheira foliar.....	27
7.2.1. Análises estatísticas.....	28
8. RESULTADOS.....	30
8.1. Caracterização da vegetação das microbacias	30
8.2. Dinâmica de produção de folhedo	36
9. DISCUSSÃO.....	39
10. CONCLUSÃO	43
CAPÍTULO II: DECOMPOSIÇÃO FOLIAR DE ESPÉCIES NATIVAS E DO <i>Eucalyptus saligna</i> EM TRÊS AMBIENTES LÓTICOS	44
11. INTRODUÇÃO	44
12. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
12.1. Caracterização física e química dos córregos.....	47
12.2. Metodologia.....	48
12.2.1. Metodologia estatística:	51
13. RESULTADOS.....	52
13.1. Composição química do detrito foliar	52

13.2. Análises Estatísticas	52
14. DISCUSSÃO.....	55
15. CONCLUSÃO	59
CAPÍTULO III: DECOMPOSIÇÃO TERRESTRE DE ESPÉCIES NATIVAS E <i>Eucalyptus saligna</i> EM TRÊS AMBIENTES RIPÁRIOS	60
16. INTRODUÇÃO	60
17. MATERIAL E MÉTODOS.....	62
17.1. Metodologia.....	62
17.2. Análise química do solo	63
17.3. Análises estatísticas.....	64
18. RESULTADOS.....	65
18.1. Composição química do folheto	65
18.2. Massa remanescente do material foliar.....	65
19. DISCUSSÃO	67
20. CONCLUSÃO	70
21. CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
22. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
APÊNDICE A: Caracterização fitossociológica de 3 microbacias e seus estágios sucessionais.....	84
APÊNDICE B: Características físico-químicas dos cursos d'água durante o período do Verão e Inverno.....	89

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo geral de fluxo de energia em cursos d'água, modificado a partir de Begon et al. (2006)	13
Figura 2: Mecanismos que os detritívoros adotam para digerir a celulose segundo Begon et al. (2006)	15
Figura 3: Mapa de localização e uso do solo no ano de 2015 da Estação Experimental de Itatinga – SP	19
Figura 4: Vegetação da microbacia Forquilha	20
Figura 5: Vegetação da microbacia Monjolinho	20
Figura 6: Vegetação da microbacia Tinga	20
Figura 7: Disposição das parcelas e coletores no campo	25
Figura 8: Coletor terrestre, situado às margens do curso d'água	28
Figura 9: Coletor vertical, situado sobre o curso d'água	28
Figura 10: Caracterização das 10 famílias com maior número de indivíduos no ano de 2015/2016. Em que A, B e C correspondem respectivamente às microbacias Forquilha, Monjolinho e Tinga.	32
Figura 11: Índice de valor de importância para as 17 espécies com os maiores valores. Em que DR corresponde à densidade relativa; DoR à dominância relativa; FR à frequência relativa. A, B e C correspondem respectivamente às microbacias Forquilha, Monjolinho e Tinga.	35
Figura 12: Distribuição de folheto nos coletores terrestres e verticais no período de maio de 2015 a abril de 2016.	36
Figura 13: Contribuição total anual de produção de serapilheira foliar nos coletores verticais e terrestres no período de maio de 2015 e abril de 2016. Em que A, B e C correspondem respectivamente às microbacias Forquilha, Monjolinho e Tinga	37
Figura 14: <i>Litter bag</i> utilizada nos experimentos de decomposição	49
Figura 15: <i>Litter bags</i> incubadas no interior do curso d'água	49
Figura 16: Porcentagem de perda de massa remanescente pelo tempo, no ano de 2015/2016, onde A, B e C correspondem respectivamente ao tipo foliar E, E/N e N da microbacia Forquilha; D, E e F ao tipo foliar E, E/N e N da microbacia Monjolinho e G, H e I ao tipo foliar E, E/N e N da microbacia Tinga.	54
Figura 17: Disposição das <i>litter bags</i> terrestres	62
Figura 18: Porcentagem de perda de massa remanescente pelo tempo, no ano de 2015/2016 onde A, B e C correspondem respectivamente ao tipo foliar E, E/N e N da microbacia Forquilha; D, E e F ao tipo foliar E, E/N e N da microbacia Monjolinho; e G, H e I ao tipo foliar E, E/N e N da microbacia Tinga.	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados meteorológicos da Estação Experimental de Itatinga de maio de 2015 a abril de 2016.....	21
Tabela 2: Composição florística das espécies de maior ocorrência por família nas 3 microbacias.....	30
Tabela 3: Distribuição do número de indivíduos, espécies e índices de diversidade para indivíduos com altura > 1,30 m e DAP $\geq$ 3,5.....	33
Tabela 4: Média de produção foliar (g) segundo o tipo de folha e microbacia. Intervalo de confiança para média a 95% de confiança entre parênteses.....	38
Tabela 5: Características físico-químicas dos cursos d'água durante o período do Verão e Inverno.....	48
Tabela 6: Valores de macro e micronutrientes, relação C/N e teores de lignina e celulose das folhas utilizadas nos experimentos de decomposição.....	52
Tabela 7: Média da taxa k de perda de matéria orgânica segundo o tipo de folha e microbacia. Intervalo de confiança para média a 95% de confiança entre parênteses.....	53
Tabela 8: Constante de decomposição e tempo de meia -vida para o material remanescente.....	54
Tabela 9: Resultado das análises químicas do solo das microbacias Forquilha, Monjolinho e Tinga.....	63
Tabela 10: Média da porcentagem de massa remanescente segundo o tipo de folha e microbacia. Intervalo de confiança para média a 95% de confiança entre parênteses.....	65

RESUMO

A presença de espécies exóticas em ambientes ripários pode influenciar na quantidade e qualidade de folhas que são realocadas no sistema ecológico. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi determinar a influência do *Eucalyptus saligna* Sm. na dinâmica de produção e decomposição de folhas em três zonas ripárias, cujas hipóteses visam verificar se o estresse hídrico, a densidade e área basal do eucalipto afetam a produção de folheto, e também constatar se a decomposição de folhas senescentes de eucalipto, em meio aquático e terrestre, ocorre mais lentamente do que das folhas nativas. A pesquisa foi realizada em três microbacias denominadas Forquilha, Monjolinho e Tinga, situadas na Estação Experimental de Itatinga, SP. Apresentam respectivamente 0,4%, 1,2% e 11,9% do total de indivíduos de eucalipto. A avaliação transcorreu durante um ano, e as folhas coletadas foram triadas em eucaliptos e nativas. Avaliou-se a entrada de folheto por meio de coletores terrestres e verticais, distribuídos sistematicamente por ambas as margens dos rios e também sobre o curso d'água. Para maior caracterização do local, o levantamento dos parâmetros da vegetação foi realizado por meio de parcelas 5x10m e mensuradas as espécies com altura > 1,30 m e DAP $\geq$ 3,5 cm. Para o estudo de decomposição aquática e terrestre, avaliaram-se um mix de folhas de eucalipto, nativas e eucalipto/nativas (1:1) introduzidas em *litter bags*. A decomposição em meio aquático foi avaliada ao longo de 112 dias, enquanto que a terrestre passou por um processo de avaliação aos 3, 6, 9 e 12 meses. O remanescente vegetal da microbacia Tinga mostrou maior densidade (nº indivíduos/ha) e área basal (m²/ha) de eucalipto. A vegetação da Forquilha exibiu os maiores valores H (Shannon) e J (Pielou) dentre as áreas estudadas, e menor coleta das folhas de eucalipto. No geral, ocorreu maior deposição de folheto no final do período que antecede as chuvas. Com exceção da microbacia Monjolinho em ambiente aquático, no geral as folhas de eucalipto apresentaram menor taxa de decomposição. Na microbacia Tinga e Forquilha, as folhas de eucalipto demonstraram quantidades superiores de lignina, celulose, alta relação C/N, baixa concentração de N e Ca. Na microbacia Tinga, verificou-se uma maior deposição das folhas de eucalipto. Em função de uma maior produção das folhas de eucalipto nessa área e por revelarem uma menor taxa de decomposição, sugere-se que neste local ocorre maior acúmulo de folheto sobre o solo. Portanto o nível de conservação de uma zona ripária pode influenciar nas taxas de

decomposição, na manutenção das comunidades decompositoras e nos processos ecológicos, tendo em vista que o desequilíbrio entre maior entrada de folheto e menor decomposição altera o equilíbrio natural do ambiente.

Palavras-chave: decomposição de serapilheira, vegetação ripária e espécies exóticas

PRODUCTION AND DECOMPOSITION OF LEAF-LITTER IN SECONDARY VEGETATION WITH THE INFLUENCE OF EUCALYPTUS IN RIPARIAN ZONES

Botucatu, 2016. 89 p. Dissertation (Forestry Science Master Degree) – Agronomic Sciences College, Sao Paulo State University

Author: GLAUCIA REGINA SANTOS

Adviser: VALDEMIR ANTÔNIO RODRIGUES

Co-Adviser: SILVIO FROSINI DE BARROS FERRAZ

SUMMARY

The presence of exotic species in riparian environments can influence in the quantity and quality of leaves that are relocated in the ecological system. Thus, the aim of this work was to determine the influence of the eucalyptus in the dynamics of production and decomposition of leaves in three riparian zones. The research was done in three micro watersheds named Forquilha, Monjolinho and Tinga located in Estação Experimental de Itatinga in São Paulo. They present respectively 0.4%, 1.2% and 11.9% of the total of eucalyptus individuals. The data collection occurred in a year, and the collected leaves were sorted in eucalyptus and native. The leaf-litter were collected through terrestrial and vertical collectors, systematically distributed on both banks and on the watercourse. For greater characterization of the site, the vegetation parameters were surveyed through 5x10m parcels. For decomposition study, it was evaluated the decomposition of eucalyptus, native and eucalyptus/native (1:1) introduced in litter bags. The decomposition in aquatic environment was evaluated for 112 days, and terrestrial decomposition in 3, 6, 9 and 12 months. The vegetal reminiscent of Tinga watershed showed a higher density (individuals number/ha) and basal area (m²/ha) of eucalyptus. The Forquilha vegetation showed the highest H (Shannon) and J (Pielou) values. In general, leaf-litter decomposition was higher in the end of the dry period. Except for the Monjolinho watershed in the aquatic environment, the eucalyptus leaves had a lower decomposition rate. The eucalyptus leaves, mainly in Tinga and Forquilha watersheds, showed higher quantities of lignin, cellulose, high ratio C/N, low concentration of N and Ca. The forestry fragment of the three watersheds showed significant differences in eucalyptus and native leaves production, where Tinga micro watershed

outstanding with the higher eucalyptus deposition. It can be suggested that in this micro watershed, there is a higher leaf-litter amount over the soil. Therefore, the level of conservation of a riparian zone can influence the rates of decomposition, the maintenance of decomposing communities and ecological processes, since the imbalance between greater leaf-litter input and less decomposition alter the natural balance of the environment.

Keywords: Litter decomposition, riparian vegetation and exotic species

1. INTRODUÇÃO

As bacias hidrográficas são unidades importantes no planejamento territorial, pois integram uma série de fatores na paisagem, dentre eles a geologia, geomorfologia, climatologia, hidrografia, pedologia, cobertura vegetal e ocupação do solo (SOUSA; NASCIMENTO, 2015). A vegetação adjacente à rede de drenagem, além de atuar como uma área de transição entre ecossistemas aquáticos e terrestres (MINSHALL; RUGENSKI, 2007) apresentam influência em diversos processos hidrológicos e ecológicos locais (NARDINI et al., 2013). Esses ambientes proporcionam uma extensa variedade de habitats, que permitem a dispersão de indivíduos e propágulos, como por exemplo, microrganismos, invertebrados, anfíbios, répteis, aves, mamíferos e peixes (TERESA; CASATTI, 2010), além de outras funções como possibilitar a infiltração de água; retenção de sedimentos; estabilização das margens; retenção, transformação e liberação de nutrientes (MINSHALL; RUGENSKI, 2007).

As florestas apresentam importante papel sobre a produtividade primária, representada pela taxa com que os seres autótrofos sintetizam a biomassa (quantidade líquida de carbono assimilada da atmosfera e fixado em matéria orgânica), em um determinado tempo e espaço (ANDRADE; HIGUCHI, 2008). A quantificação de serapilheira é uma forma importante de determinação de produtividade (SCORIZA et al., 2012). No geral, vegetações florestais apresentam produção contínua de serapilheira ao longo do ano (SILVA et al., 2009). As folhas constituem a maior parte da serapilheira, e variam de 41 a 98% na sua totalidade (ABELHO, 2001) sendo a principal fonte de energia e de nutrientes para ecossistemas aquáticos e para o solo da floresta (GARCÍA-PALACIOS et al., 2016). A capacidade fotossintética desse material e a presença de tecidos estruturais apresentam estreita relação com a concentração de nutrientes e podem influenciar nas taxas de decomposição (VITOUSEK; SANFORD JÚNIOR, 1986). No processo de senescência foliar, em alguns casos, há a translocação de nutrientes minerais e até carboidratos e proteínas para as folhas, uma estratégia para manter elementos essenciais na biomassa (CIANCIARUSO et al., 2006). Por isso, quando as folhas senescentes passam pelo processo de decomposição, liberam nutrientes para os microrganismos do solo e plantas, completando o ciclo dos nutrientes nos ecossistemas florestais (VITOUSEK; SANFORD JÚNIOR, 1986). Segundo os autores

Vitousek e Sanford (1986) a ciclagem de nutrientes é influenciada pelo clima, composição de espécies, status sucessional (tempo desde a perturbação) e fertilidade do solo. Já os autores Touma, Encalada e Fornells (2009) descrevem o clima e a composição florística como os principais fatores que influenciam na senescência foliar. Portanto, a queda e a posterior decomposição de serapilheira constituem uma via muito importante na transferência de nutrientes para o solo, ciclagem e produtividade local (BARLOW et al., 2007; FERREIRA et al., 2014, VITOUSEK; SANFORD, 1986).

Desse modo, em ecossistemas aquáticos e terrestres, existe uma conexão entre a vegetação ripária e a decomposição da serapilheira, devido ao fluxo contínuo de energia e biomassa resultante dessa interação (BEZERRA, 2012). E, a velocidade da decomposição é determinada por características intrínsecas de cada espécie presente, como tamanho, estrutura morfológica e composição química. Esses fatores somados à temperatura, atividade microbológica e processos físicos do local, influenciam na intensidade da decomposição (GIMENES; CUNHA-SANTINO; BIANCHINI JÚNIOR, 2010).

Alterações na vegetação ripária podem influenciar na quantidade e qualidade de matéria orgânica que entra no sistema (FRANÇA et al. 2009), bem como nos processos de decomposição da serapilheira e na liberação de nutrientes. Quando essas alterações são de origem antrópicas, resultam em maior vulnerabilidade na colonização e desenvolvimento de espécies exóticas, pois estas são tolerantes a perturbações e apresentam eficientes estratégias de recuperação (CHEN et al., 2017). Portanto a presença de espécies exóticas, além de promoverem alterações estruturais na comunidade, poderão também influenciar no funcionamento do ecossistema (FUREY et al, 2013). Na literatura sugere-se que a influência de algumas espécies exóticas, quando comparada com as folhas nativas, poderá ser mais intensa devido a propriedades químicas e físicas de seu material foliar, podendo ter maior impacto no ambiente caso ocorra maior quantidade de biomassa produzida pelas espécies exóticas, refletindo na taxa de ciclagem de nutrientes (FUREY et al, 2013). No caso, a presença da espécie exótica *Eucalyptus sp.* ao longo de córregos pode alterar a colonização da comunidade de microrganismos e invertebrados e as taxas de decomposição do material vegetal, isto porque suas folhas são esclerófilas e ricas em polifenóis (MASESE et al. 2014). No trabalho deste mesmo autor, observou-se reduzida taxa de decomposição das folhas do eucalipto.

Em função dos efeitos negativos de algumas espécies exóticas sobre a dinâmica de ambientes naturais, como podemos observar nos trabalhos de Masese et al. (2014) e Gonçalves Júnior et al. (2014), os artigos como o 61-A e 66 presentes no novo Código Florestal (BRASIL, Lei nº 12651, 2012), permitem o uso intercalado de espécies exóticas com nativas em 50% da área total, no caso, áreas de preservação permanente e reserva legal de áreas consolidadas. Porém, não há informações suficientes na literatura de como as espécies exóticas podem influenciar nos processos de produção e decomposição em zonas ripárias.

Nesse contexto, com o objetivo de avaliar a influência do eucalipto na dinâmica de produção e decomposição foliar (terrestre e aquática) ao longo de três microbacias, os resultados dessa pesquisa visam aferir como as características da espécie podem influenciar nos processos de produção e decomposição de folheto.

Desta maneira, a dissertação foi estruturada em três capítulos precedidos de uma seção de Revisão Bibliográfica e Material e Método Geral, em que apresentam-se a descrição e histórico da área de estudo e informações meteorológicas. Após o terceiro capítulo, foram colocadas as considerações finais, referências bibliográficas e apêndices.

2. HIPÓTESES

Ao levar em consideração as diferenças estruturais e de composição florística das localidades estudadas e propriedades físico-químicas entre folhas de eucalipto e nativas, foram formuladas as seguintes hipóteses:

- O estresse hídrico, a densidade e área basal do eucalipto afetam a produção de folheto.
- A taxa de decomposição das folhas senescentes de eucalipto, em meio aquático, é menor que das folhas nativas.
- A decomposição das folhas senescentes de eucalipto, em meio terrestre, ocorre mais lentamente que nas folhas nativas.

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo geral

O presente estudo tem como objetivo geral verificar a influência do eucalipto na produção e decomposição do folheto em ambientes ripários de três microbacias, situadas na Estação Experimental de Itatinga – SP.

3.2. Objetivos específicos

- Descrever os parâmetros de vegetação das microbacias em três cursos d'água.
- Determinar a taxa de decomposição e produção de serapilheira foliar em cada fragmento florestal das microbacias.
- Investigar a relação entre composição química do foliar e sua taxa de decomposição.
- Examinar se as folhas de eucalipto e nativas, tanto em ambiente aquático como terrestre, apresentam diferenças na decomposição.
- Analisar se características físicas e químicas da água podem influenciar na decomposição do folheto em ambiente aquático.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. Importância da ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais

O processo de transferência de nutrientes para o solo por meio da deposição e decomposição da serapilheira fornece informações sobre a estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais (HOORENS; AERTS; STROETENGA et al. 2003). A serapilheira é constituída por um conjunto de materiais frescos ou não de plantas, animais, micróbios e húmus em diferentes estágios de decomposição (RESENDE et al., 2007). Apresenta-se como o principal meio de transporte de nutrientes da vegetação para o solo (VITAL et al., 2004). Em sua constituição há uma variedade de compostos de carbono e complexos produtos recalcitrantes, dentre eles os açúcares, proteínas, ácidos orgânicos de baixa massa molecular e substâncias húmicas (BUDZIAK; MAIA; MANGRICH, 2004) que determinam a decomposição desses materiais e consequentemente a dinâmica de nutrientes.

É importante destacar que o material vegetal senescente pode ser proveniente de dentro ou fora dos limites de um ecossistema, denominado respectivamente como autóctone quando provém da atividade fotossintética *in situ*, e alóctone quando o material vegetal é carregado por rios, vias subterrâneas e pelo vento (BEGON et al., 2006).

A dinâmica de produção e decomposição da serapilheira é variável de acordo com o ecossistema, por exemplo, a contribuição de serapilheira pode ser mais significativa nas fases iniciais de sucessão, isto porque ocorre maior entrada de luz que, consequentemente, influencia na produtividade primária (FERREIRA et al. 2014). Todavia, ocorrem altos valores de acúmulo quando há muita produção de material vegetal ou o local apresenta-se sob baixas temperaturas, falta de água, deficiência de oxigênio e qualidade do material (RESENDE et al., 2007).

A serapilheira proporciona uma série de benefícios químicos, físicos e biológicos para o solo. A maior fração desse material, quando submetido ao processo de decomposição, é convertida, em parte, da forma orgânica para a inorgânica (mineralização) e disponibilizada para a atmosfera ou para o solo (LAIRD et al., 2008). O restante se apresenta na forma estabilizada denominada húmus (LAIRD et al., 2008), o qual possui em sua composição cerca de 2/3 de carbono orgânico em solos tropicais e são os componentes mais

estáveis da matéria orgânica (LEITE et al., 2015). Dentre os diversos aspectos positivos, o húmus promove maior armazenamento e retenção de água, retenção de calor que beneficia a germinação de sementes, eleva a CTC do solo e entre outros (FAVORETTO, 2007).

Desse modo, a serapilheira é um elemento indispensável para o aumento da fertilidade e melhorias na estrutura física e biológica do solo, assim como pela elevada capacidade de troca catiônica que favorece a manutenção da sua fertilidade por longos períodos.

4.2. Processo de decomposição vegetal

A decomposição é definida como um processo de desintegração lenta da matéria orgânica morta (BEGON et al. 2006). Em ecossistemas aquáticos e terrestres, o processo de decomposição compartilha de interações bióticas e abióticas comuns (GARCÍA-PALACIOS et al., 2016). Nesse processo, ocorre a quebra de moléculas ricas em energia, que resulta na liberação de energia, dióxido de carbono, água e nutrientes inorgânicos. Fatores como a composição química e física do material, a sazonalidade ambiental e a atividade dos organismos decompositores influenciam na taxa de decomposição vegetal (MORETTI, 2005).

Tanto na presença ou ausência de oxigênio, esse processo passa por três mecanismos básicos que podem ocorrer simultaneamente e são denominados lixiviação, fragmentação e catabolismo. Quando o material solúvel presente nas folhas é removido pela ação da água, ocorre a lixiviação. Na fragmentação, o fluxo da água, variações climáticas e a ação de organismos (fungos, bactérias e detritívoros) promovem a redução do tamanho do material vegetal. O catabolismo transforma as partículas de serapilheira em compostos simples, facilmente assimilados por meio de reações que podem resultar em componentes orgânicos e inorgânicos (BITAR; ANTONIO; BIANCHINI JÚNIOR, 2002).

Os componentes orgânicos lixiviados incluem açúcares, ácidos orgânicos, proteínas e compostos fenólicos, já os inorgânicos compreendem K, Ca, Mg e Mn, que ficam disponíveis para os microrganismos do solo e para as plantas (GIMENEZ; CUNHA-SANTINO; BIANCHINI JÚNIOR, 2010). O restante dos componentes que não são facilmente dissolvidos em água são a celulose, lignina, quitina, queratina e algumas proteínas (RICKLEFS, 2011).

Em um período de dias ou meses sob a ação de macroinvertebrados detritívoros o material vegetal é fragmentado (BITAR; ANTONIO; BIANCHINI JÚNIOR, 2002), possibilitando maior superfície de contato. Porém a colonização por microrganismos nas partículas está em função da palatabilidade do material, presença de fenóis e de outros componentes químicos inibidores, temperatura e pH (GIMENEZ; CUNHA-SANTINO; BIANCHINI JÚNIOR, 2010).

Os fungos e as bactérias são os microrganismos que atuam no processo de catabolização, porém em ambientes aquáticos os fungos, principalmente os hifomicetos aquáticos, apresentam maior representatividade em biomassa (RUIZ; GESSNER, 2002) e atividade (GRAÇA; CANHOTO, 2006). Além de possibilitar a mineralização da matéria orgânica, esses microrganismos são responsáveis pela quebra de compostos de grande peso molecular como lignina, celulose e hemicelulose, facilitando a sua utilização por outros organismos (BEZERRA, 2012). Bactérias e fungos liberam enzimas e outros componentes que atuam sobre a matéria orgânica e auxiliam na absorção de açúcares e aminoácidos simples por outros organismos. Porém apenas os fungos conseguem quebrar tanto celulose (exceto uma minoria de bactérias) como lignina (RICKLEFS, 2011). Em ambiente terrestre, esses microrganismos também podem liberar substâncias inibidoras contra competidores ou predadores, enquanto que em ambiente lótico essa liberação é diluída e sofre menor influência (GUESSNER et al., 2010).

Nos ambientes terrestres a ciclagem de nutrientes é mais dependente de condições ambientais como umidade e temperatura (GARCÍA-PALACIOS et al., 2016), a temperatura influencia na presença e atividade de organismos, e da mesma maneira, a água presente sobre os detritos permite a lixiviação e o fluxo constante de protozoários, nematódeos, fungos e etc (BEGON et al., 2006). Porém, observa-se que em ecossistemas lóticos, o constante fluxo de água e o contínuo fornecimento de nutrientes conferem maior velocidade à degradação da serapilheira (GARCÍA-PALACIOS et al., 2016).

Ao se observar o processo de decomposição em ambiente aquático lótico (Figura 13), percebe-se que quando o material foliar entra em contato com a água, iniciam-se os processos físicos de lixiviação, abrasão e fragmentação os quais são responsáveis por sua redução e transformando-no em matéria orgânica particulada grossa (MOPG). Parte desta MOPG, por meio da lixiviação, converte-se em matéria orgânica

dissolvida (MOD) e a outra parte, por ação de fungos, bactérias e macroinvertebrados a alteram em matéria orgânica particulada fina (MOPF). Ademais, todos os grupos de animais contribuem para a formação da MOPF por meio de fezes (linha tracejada), como pode ser observado na Figura 1 (MITRE, 2011; BEGON et al., 2006).

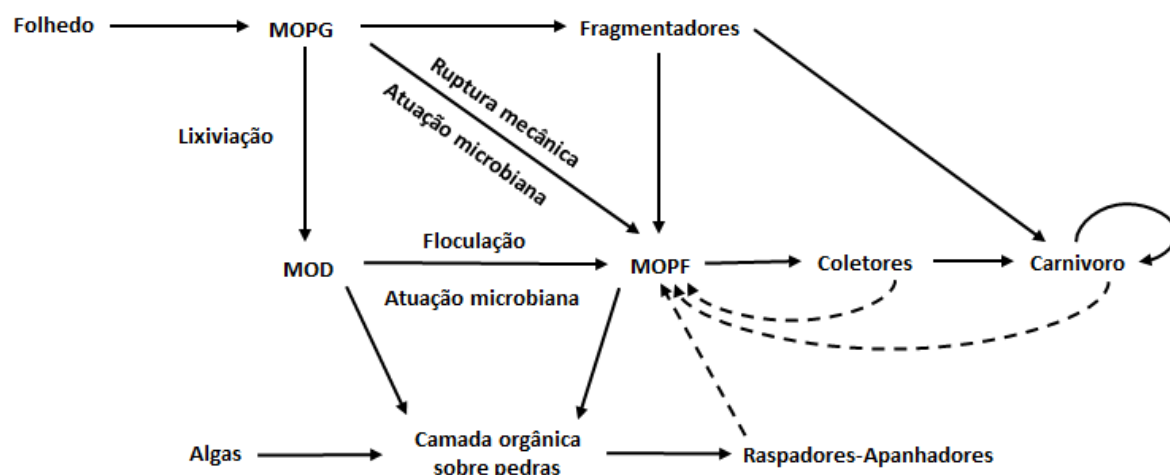


Figura 1: Modelo geral de fluxo de energia em cursos d'água, modificado a partir de Begon et al. (2006)

Nesta figura, os saprótrofos, seres que se alimentam de matéria orgânica morta, são representados pelas bactérias, fungos e detritívoros, estes últimos denominados de fragmentadores, quando consomem frações com dimensões superiores a 2 mm; coletores, que ingerem partículas nas dimensões inferiores a 2mm e raspadores-apanhadores que raspam e consomem a matéria orgânica morta anexada às rochas (BEGON et al., 2006).

Ao analisar a escala local, os fatores que apresentam maior influência na taxa decomposição de folheto relacionam-se com características físicas e químicas do material vegetal, com a possibilidade de inibir o contato de invertebrados e microrganismos no folheto (MITRE, 2011). Cabe ressaltar que a presença de diversas espécies na natureza possibilita maior disponibilidade e variedade de recursos alimentares, como consequência, oferece maior riqueza e abundância de organismos decompositores (BEGON et al., 2006). Estudos de decomposição que se focam em uma única espécie não retratam a complexa realidade do ecossistema, isto porque a decomposição individual pode ser diferente da

misturada com outras espécies (HOORENS; AERTS; STROETENGA et al. 2003). Autores como Lecerf et al. (2011), Quested et al.(2002) e Wardle, Bonner e Nicholson (1997) mostram como o efeito da decomposição é diferente entre espécies analisadas individualmente e misturadas.

Portanto, análises comparativas sobre as taxas de entrada e decomposição de folheto sob influência ou não de espécies exóticas, assim como os ambientes em estádios iniciais e avançados de conservação podem auxiliar tanto na avaliação dos resultados de ações de recuperação ambiental como também analisar a integridade ecológica (ARATO; MARTINS; FERRARI, 2003; PEREIRA et al. 2013).

4.3. Aspectos químicos do detrito foliar na decomposição.

Nem todo material foliar é facilmente digerível pela comunidade de decompositores, isto porque a composição química e física do material influencia na persistência, qualidade e disponibilidade do material para os organismos terrestres e aquáticos (ALVIM, 2012). Essa variedade de respostas é explicada pela elevada diversidade vegetal encontrada principalmente em ecossistemas tropicais, e se relacionam com estratégias de defesa contra a ação de consumidores e parasitas (GRAÇA; CRESSA, 2010). Geralmente, frutos e sementes são mais nutritivos e digestíveis quando comparados com as demais partes das plantas, pois apresentam em sua composição quantidades elevadas de nitrogênio, gorduras e açúcares. A escolha de alimentos pelos herbívoros está em função de seu conteúdo nutricional, com predileção às folhas jovens devido a baixa proporção de lignina e celulose (RICKLEFS, 2011). Outro detalhe citado por Pereira et al. (2013) sugere que os estádios iniciais de sucessão, em geral, conferem maior rigidez ao material vegetal quando comparado aos estádios mais avançados, devido ao parênquima paliádico espesso e a elevada quantidade de tecidos esclerenquimáticos, e podem influenciar na taxa de decomposição da serapilheira.

Quantidades elevadas de componentes estruturais inorgânicos indispensáveis para as plantas, como lignina e celulose, que conferem dureza às folhas, concentração reduzida de nitrogênio, altas relações carbono/nitrogênio e concentrações elevadas de taninos conferem menor velocidade de decomposição e acabam por inibir ou retardar o contato de invertebrados e microrganismo no folheto (MITRE, 2011; GRAÇA;

CANHOTO, 2006). Esses componentes impõem impedimentos digestivos à sua quebra, que se relacionam com a ausência de enzimas específicas por parte dos detritívoros (BEGON et al., 2006). A celulase é uma enzima importante na catabolização da celulose, sendo identificada em poucas espécies animais (BEGON et al., 2006). Em função disso, há a ocorrência de decompositores associados, resultando em relações mutualísticas obrigatórias e facultativas, assim como há uma grande dependência de organismos exógenos para possibilitar a ingestão de celulose, como pode ser observado na Figura 2 (BEGON et al., 2006).

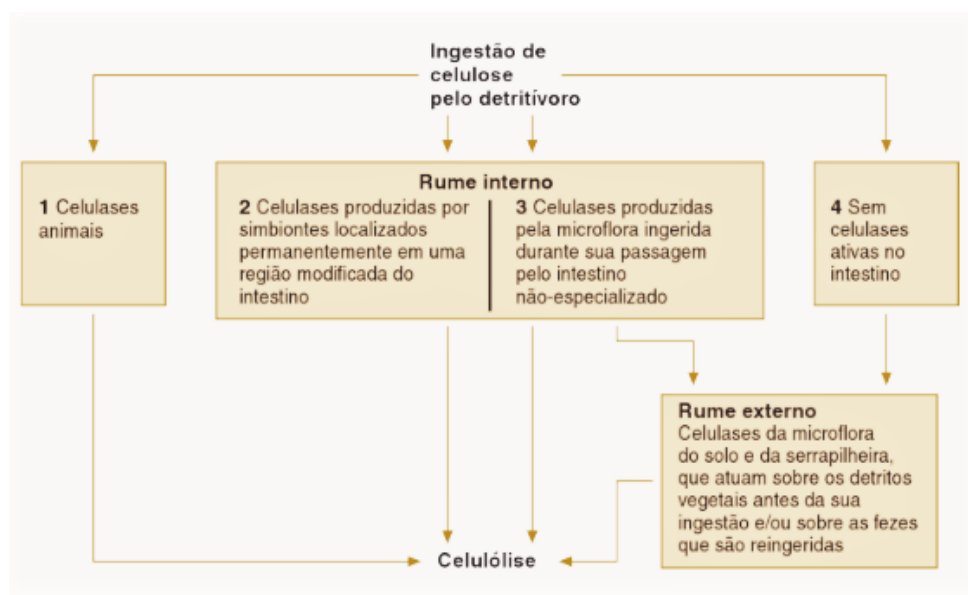


Figura 2: Mecanismos que os detritívoros adotam para digerir a celulose segundo Begon et al. (2006)

Muitas plantas usam de artifícios químicos para reduzir a qualidade nutricional como, por exemplo, de proteínas para impedir o ataque dos herbívoros. Os taninos são compostos secundários que estão presentes nos vacúolos de plantas lenhosas como Fabaceae, Myrtaceae e Polygonaceae (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009). Eles se associam às proteínas para dificultar sua digestão e como consequência, inibem a predação por se tornarem impalatáveis (RICKLEFS, 2011; MONTEIRO et al., 2005). Podem também inibir o crescimento e a atividade microbiana por afetar proteínas estruturais e/ou enzimáticas no interior das hifas (HOORENS; AERTS; STROETENGA et al. 2003).

Os compostos secundários atuam na defesa de plantas, podem ter ação alelopática e atrair ou repelir organismos, portanto, apesar de não serem essenciais garantem

vantagens à sua sobrevivência (HEPP; DELANORA; TREVISAN, 2009). Há três categorias principais de compostos secundários como os fenóis (lignina, taninos, flavonóides e etc.), terpenóides (óleos essenciais, látex e resinas) e alcalóides (cocaína, nicotina e cafeína) (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009).

Desse modo, ao analisar algumas famílias vegetais podemos compreender seus mecanismos de defesa, por exemplo, o látex encontrado nas Euphorbiaceae e Apocinaceae e os óleos encontrados, por exemplo, em Lamiaceae são mecanismos para afastar herbívoros e diminuir o desenvolvimento de fungos e bactérias (GUREVITCH; SCHEINER; FOX, 2009). E como consequência, essas características podem influenciar na taxa de decomposição.

4.4. Relação entre água e fatores físico-químicos

A água é um recurso natural renovável essencial tanto para as atividades sociais e econômicas humanas, como para a manutenção do funcionamento de ecossistemas (GONÇALVES et al., 2005). Modificações no uso e ocupação do solo são refletidas nos corpos d'água, e características próprias do local como geologia, temperatura, precipitação, deposição atmosférica, vegetação e topografia também influenciam nas características físicas e químicas da água (SOUZA; TUNDISI, 2000).

Devido a possibilidade de conciliar fatores intrínsecos do local com determinados componentes químicos presentes na água, a análise química também pode avaliar a intensidade com que ocorre uma determinada atividade antrópica (GONÇALVES et al., 2005). Segundo Silva et al. (2008) há seis variáveis dos parâmetros físicos e químicos que auxiliam na análise da qualidade da água e que são muito influenciados pelas estações do ano, dentre elas a temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade, turbidez, e sólidos em suspensão.

Em cursos d'água de menor ordem, a luz solar é o principal fator que influencia na temperatura da água, sendo que sua elevação pode provocar a redução da solubilidade dos gases. No ecossistema aquático, os organismos possuem limites máximos e mínimos de temperatura para seu crescimento (SÃO PAULO, 2009). Portanto, o aumento exponencial da temperatura da água pode influenciar no crescimento e capacidade de

sobrevivência de alguns organismos aquáticos (DHAR et al., 2016), e consequentemente ter efeito na decomposição.

No trabalho de Silva et al. (2008) discute-se que elevações nos teores de matéria orgânica podem estar associadas às pequenas reduções do pH, situação esta que pode reduzir o teor de oxigênio dissolvido na água e alterar a fisiologia de alguns organismos aquáticos. Outro elemento de importância na água, assim como o pH, é a condutividade elétrica. Essa indica a quantidade de carga iônica da amostra, portanto, sua capacidade de conduzir a corrente elétrica. Essa variável não nos permite identificar quais íons estão presentes na água, por isso variações na concentração iônica influenciam na condutividade e, consequentemente, evidenciam modificações no processo de decomposição (PEREIRA-SILVA, et al, 2011). Desta forma, alterações na condutividade podem modificar as respostas fisiológicas dos organismos aquáticos e a composição de espécies do ecossistema lótico (BERE; TUNDISI, 2011). Há uma relação entre a condutividade e o STD, denominado como “sólidos totais dissolvidos” que quantifica o material inorgânico e orgânico presente na água (LIMA, 2008). A elevada concentração de sólidos dissolvidos podem interferir na entrada de luz e prejudicar atividade dos organismos bentônicos (SILVA et al., 2008).

A turbidez é influenciada pelo tipo de cobertura e manejo do solo (MARMONTEL; RODRIGUES, 2015), e ocorre devido à presença de sólidos em suspensão dentre eles a argila, limo, matéria orgânica, plâncton, organismos microscópicos e carbonato de cálcio; e impede que a luz seja transmitida através de uma amostra (LIMA et al, 2008). Essa barreira de luz pode reduzir a atividade fotossintética da vegetação aquática (SILVA et al., 2008).

Desse modo, tendo em vista os problemas da qualidade das águas para atividades humanas e na manutenção dos ecossistemas, o monitoramento da qualidade atua não só como uma ferramenta indispensável para se conhecer o estado em que se encontra determinado ambiente, mas também auxiliar no planejamento, recuperação, conservação e preservação dos recursos hídricos.

5. MATERIAL E MÉTODOS GERAL

5.1. Descrição e histórico da área de estudo

Os fragmentos florestais estudados localizam-se no município de Itatinga-SP, nas microbacias denominadas de Forquilha, Monjolinho e Tinga, sendo a primeira de segunda ordem e as demais de primeira ordem. Cada microbacia apresenta, respectivamente, 0,4%, 1,2% e 11,9% do total de indivíduos de eucalipto. Situam-se na Estação Experimental de Ciências Florestais de Itatinga (EECFI), pertencente ao Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, cujas coordenadas geográficas são 23°10' de latitude (S) e 48°40' de longitude (W) e altitude de 857m. O clima é classificado como Cwa, mesotérmico úmido, e possui temperaturas que variam de 16,2 °C nos meses mais frios e 28,6 °C, nos meses mais quentes, conforme o sistema de Koppen (SETTE JÚNIOR et al. 2010).

A precipitação na EECFI é concentrada nos períodos de outubro a março (FERRAZ; POGGIANI, 2014). Os solos presentes nas imediações da EECFI são classificados em Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, de textura média (ANDRADE et al., 2005).

Dentro do perímetro da Estação Experimental, há plantios experimentais de *Eucalyptus* sp. e *Pinus* sp., plantios comerciais de *Eucalyptus* sp. e fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual e Cerrado *sensu lato* sob diversos tipos de intervenções (SARTORI; POGGIANI; ENGEL, 2002).

O mapa de localização da EECFI e das microbacias estudadas (Figura 3) foi confeccionado no programa *Qgis* 2.8.3, por meio de uma imagem do ano de 2015 obtida do Sensor *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat-8 a partir da base de dados da U.S. Geological Survey (USGS) disponível em (<http://earthexplorer.usgs.gov/>).

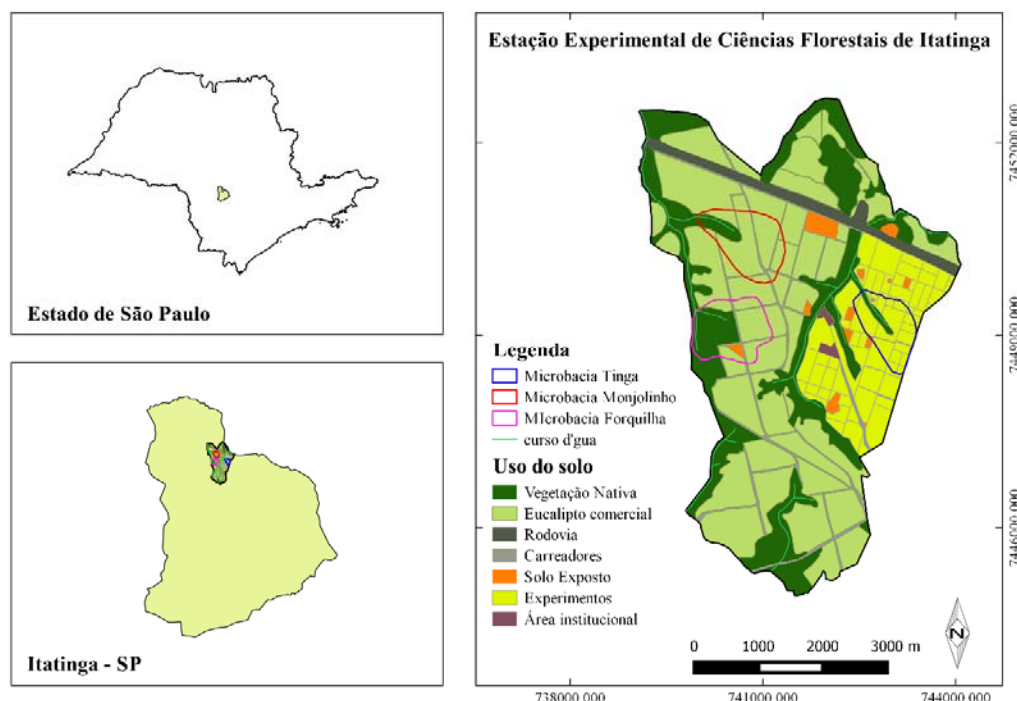


Figura 3: Mapa de localização e uso do solo no ano de 2015 da Estação Experimental de Itatinga – SP

As microbacias Forquilha, Monjolinho e Tinga apresentam respectivamente declividade 7,8; 5,5 e 8,5% e área de 100,5, 87,92 e 83,53 ha. O formato superficial das microbacias Monjolinho e Forquilha apresentam tendência circular e o Tinga tendência elipsoidal.

As microbacias Forquilha e Monjolinho inserem-se em uma paisagem de plantio comercial clonal de *Eucalyptus grandis* w. Hill ex Maiden e *Eucalyptus urophylla* x *grandis* ocorrido em 1993. Em 2000 efetuaram-se o corte e a reforma destes plantios e em 2007 e 2014 foram feitos corte e condução de rebrota. A microbacia Tinga insere-se em uma paisagem experimental, onde realizaram-se os plantios de *Acacia mangium* Willd. do ano de 2000 e também de *Eucalyptus grandis* (1998, 1999 e 2014), *Eucalyptus urophylla* x *grandis* (1999 e 2014) e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake (1999).

Já na Área de Preservação Permanente (APP) destas três microbacias, há algumas espécies de *Eucalyptus saligna* Sm. plantadas no final da década de 40 para suprir a demanda de lenha da Companhia Sorocabana de Estradas de Ferro. As espécies atualmente

presentes no Tinga são remanescentes do último ciclo de corte, efetuado por volta de 1982. Nas Figuras 4, 5 e 6 pode-se visualizar o local onde se efetuou o estudo. Portanto prevê-se que as áreas possuem 34 anos de sucessão natural e antes deste período eram utilizadas apenas para o plantio de eucalipto.



Figura 4: Vegetação da microbacia Forquilha



Figura 5: Vegetação da microbacia Monjolinho



Figura 6: Vegetação da microbacia Tinga

Segundo o Sistema de Informação Ambiental do Programa Biota/Fapesp, o SinBiota (sinbiota.biota.org.br), a EECFI insere-se em uma área de transição onde há remanescentes de vegetação primária e secundária de Floresta Estacional Semidecidual. Observam-se também na EECFI alguns remanescentes de Cerrado *sensu lato* (comunicação pessoal).

5.2. Dados meteorológicos

A precipitação e a temperatura do ar foram acompanhadas mensalmente por meio de dados obtidos da estação meteorológica da EECFI. As coletas dos dados meteorológicos iniciaram-se no mês de maio do ano de 2015 e foram finalizadas no mês de maio de 2016 (Tabela 1).

Tabela 1: Dados meteorológicos da Estação Experimental de Itatinga de maio de 2015 a abril de 2016

Mês	T °C	V m s ⁻¹	P mm
maio	17,92	1,78	95,06
junho	17,77	1,82	6,81
julho	17,40	1,59	146,73
agosto	19,60	1,80	37,38
setembro	20,94	1,91	258,01
outubro	21,56	2,26	206,89
novembro	21,45	1,79	405,19
dezembro	22,39	1,60	275,62
janeiro	22,02	2,30	403,12
fevereiro	23,22	1,56	277,67
março	22,23	1,85	194,79
abril	22,64	1,62	56,76

Em que: T (°C) corresponde à temperatura média, V (m s⁻¹) à velocidade média do vento e P (mm/mês) à precipitação mensal

A precipitação total do período estudado foi de 2364,03 mm e alcançou o valor máximo de 405,19 mm no mês de novembro (período de chuvas), já o valor mínimo encontrado foi de 6,81 mm no mês de junho (período seco). A temperatura mais elevada ocorreu no período de dezembro a abril, alcançando o maior pico em fevereiro (23,22°C). As menores temperaturas ocorreram no inverno, atingindo a mais baixa no mês de julho (17,4°C). Nos meses de setembro, outubro e janeiro ocorreram os maiores valores para a velocidade média do vento.

CAPÍTULO I: PRODUÇÃO DE FOLHEDO EM VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA COM HISTÓRICO DE CULTIVO DE EUCALIPTO NA ZONA RIPÁRIA

6. INTRODUÇÃO

As definições existentes para a vegetação associada aos cursos d'água são muito variadas, em muitas literaturas são comuns as denominações de mata ciliar, galeria, várzea, ribeirinha e ripária (VAN DEN BERG; OLIVEIRA-FILHO, 2000). Fitoecologicamente, esses ambientes relacionam-se com qualquer vegetação associada ao curso d'água independentemente de sua área de ocorrência, estrutura, fisionomia ou composição florística (VAN DEN BERG; OLIVEIRA-FILHO, 2000). Segundo Lisboa (2012), apesar das definições generalistas, essas formações vegetais se diferenciam em função das variações morfoclimáticas e fitogeográficas do país.

Ambientes ripários podem incluir vegetação arbustiva e florestal, e são determinadas pelo clima, regime hidrológico e origem geomorfológica (FRANÇA et al., 2009). Apresentam uma série de benefícios ecológicos como fixar o carbono, estabilizar as margens, na captação e distribuição de água, proporcionar sombra, fornecer matéria orgânica, prover alimento para a biota, reter sedimentos e produtos químicos, atuar como corredor ecológico e, portanto, influenciar na produtividade primária, temperatura e entrada de material vegetal para fora e dentro dos cursos d'água (SALEMI et al., 2012; TERESA; CASATTI, 2010; CARDOSO et al., 2006).

No geral, ambientes florestais apresentam contínua produção de serapilheira ao longo do ano (SILVA et al., 2009), que podem variar principalmente com o clima e composição florística do local (TOUMA; ENCALADA; FORNELLS, 2009), mas também podem sofrer essa variação devido ao tipo de vegetação, estágio sucessional, herbivoria, latitude, altitude, relevo, temperatura, precipitação, disponibilidade de luz e etc (MENEZES et al. 2010). Segundo Ferreira et al. (2014) a contribuição de serapilheira pode ser mais significativa nas fases iniciais de sucessão, reduzindo com o estágio clímax. Entretanto o autor Cizungu et al. (2014) sugere que a densidade e diversidade de espécies, nível sucessional e a cobertura de copa são os fatores que influenciam na quantidade e também na qualidade de serapilheira depositada no solo da floresta.

A serapilheira representa todo material depositado sobre a superfície do solo como, por exemplo, folhas, flores, cascas, galhos, ramos, sementes, frutas, material animal, porém, as folhas apresentam a maior fração total (ABELHO, 2001). Esse conteúdo pode chegar às imediações do canal verticalmente por queda direta do folheto, ou por movimento lateral como o auxílio do vento e de outros agentes de transporte (GIMENEZ; CUNHA-SANTINO; BIANCHINI JÚNIOR, 2010). No ambiente aquático há a presença de material autóctone (algas e macrófitas aquáticas), mas sua contribuição é pequena em canais de menor ordem (ABELHO, 2001).

Mudanças na paisagem em função de atividades como a agricultura, pastagens e plantios de espécies florestais exóticas podem modificar o fluxo de luz, temperatura, qualidade e quantidade de material que entram no sistema e, por conseguinte, reduzem a biodiversidade, a ciclagem de nutrientes, qualidade da água e etc (MASESE et al. 2014). Segundo Lisanewok e Michelsen (1994) a produção de serapilheira em florestas plantadas, como por exemplo do *Eucalyptus globulus*, aumentam com a maturidade da floresta, e a produção de serapilheira foliar dessas plantações são similares ou até superiores às encontradas em florestas secundárias.

Espécies exóticas como o *Eucalyptus sp.* apresentam influência na dinâmica de produção e decomposição de seu material, por apresentarem folhas esclerofilas e ricas em polifenólicos que podem alterar as taxas de decomposição da serapilheira (MASESE et al. 2014; FERREIRA et al., 2015) resultando em maior acúmulo de material vegetal sobre o solo (COSTA; GAMA-RODRIGUES; CUNHA, 2005). Este mesmo autor sugere, que a decomposição dessa espécie é baixa, e pode-se elevar com o aumento da pluviosidade. Porém, é importante mencionar que algumas espécies exóticas possuem potencial para produzir serapilheira de qualidade e com elevadas taxas de decomposição, como pode ser observado no trabalho de Áragon et al. (2014).

Nesse contexto, a produção de serapilheira constitui um importante dado sobre produtividade, representa um estoque de nutrientes para o solo (FERREIRA et al. 2014) e para o ambiente aquático (ABELHO, 2001), melhoram as características físicas do solo, atuam como alimento e abrigo para diversos animais (TERESA; CASATTI, 2010) e portanto, auxiliam na manutenção do equilíbrio da zona ripária.

Desse modo, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência do eucalipto na produção de folheto em três microbacias situadas na EECFI, cuja hipótese visa verificar se o estresse hídrico, densidade e área basal do eucalipto afetam a produção de folheto em três ambientes de vegetação secundária e com histórico de plantio de eucalipto situados na zona ripária.

7. MATERIAL E MÉTODOS

7.1. Caracterização da vegetação

Para a caracterização, foi efetuado um levantamento da estrutura e composição florística das espécies com altura $> 1,30$ m e DAP $\geq 3,5$ cm. O levantamento consistiu de parcelas contíguas (uma ao lado da outra) com dimensões 5 x 10 m; 6 delas estão situadas a 3,5m e 9,5m de distância da margem do curso d'água, ou seja, 12 parcelas por margem, num total de 24 por microbacia (Figura 7), sendo que no centro de cada uma delas, foi introduzido um coletor terrestre.

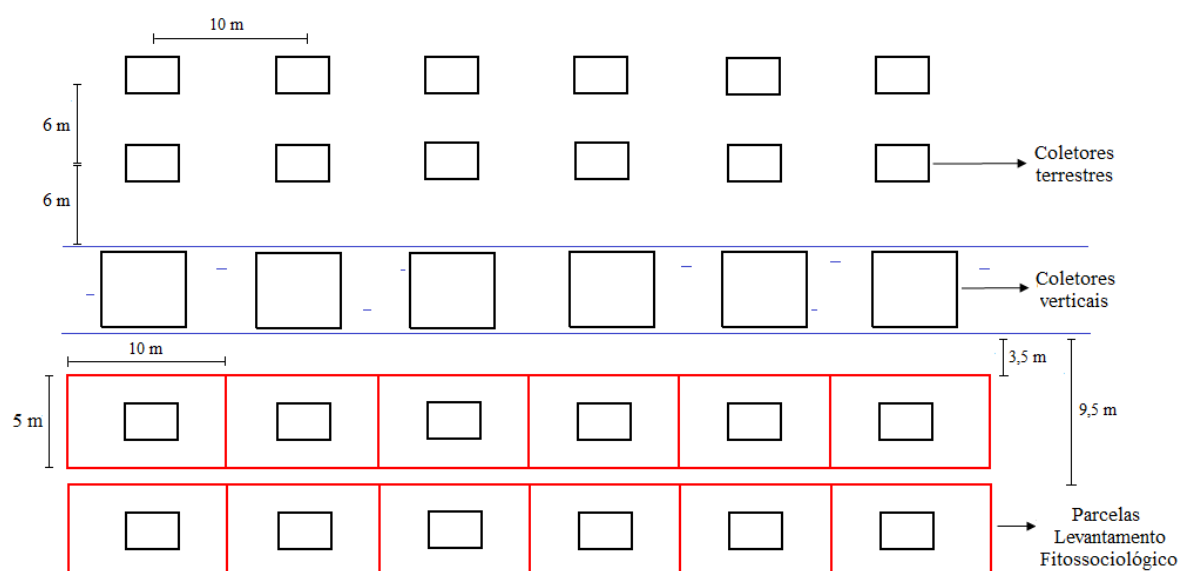


Figura 7: Disposição das parcelas e coletores no campo

Para maior controle de localização, foi efetuado um croqui de todas as espécies mensuradas. As não identificadas foram coletadas para confecção de exsicatas e, posteriormente, comparadas com apoio do material bibliográfico e encaminhadas para um especialista na área. Em algumas situações, retornou-se à área para identificação *in loco*. Todas as espécies identificadas e seus respectivos autores foram confirmados por meio de consultas no endereço eletrônico do Programa REFLORA (reflora.jbrj.gov.br) e classificadas segundo o sistema de classificação APG III (APG III, 2009).

Os parâmetros da vegetação foram obtidos para as três microbacias, e determinaram-se a densidade absoluta e relativa, frequência absoluta e relativa, dominância absoluta e relativa. Em que:

- Frequência:

- Frequência absoluta (FA): indica a porcentagem de parcelas que apresentam determinada espécie.

- Frequência relativa (FR): razão da FA de determinada espécie pela somatória das FAs de todas as espécies.

- Densidade:

- Densidade absoluta (DA): indica o número de indivíduos de determinada espécie por unidade de área.

- Densidade relativa (DR): razão da DA de determinada espécie pela somatória das DAs de todas as espécies (densidade total da área em questão).

- Dominância:

- Dominância absoluta (DoA): área basal de determinada espécie por unidade de área.

- Dominância relativa (DoR): razão da DoA de determinada espécie pela somatória das DoAs de todas as espécies.

Para a obtenção do IVI (Índice de Valor de Importância) determinou-se a soma da densidade relativa, dominância relativa e frequência relativa. O valor máximo desse somatório corresponde a 300%.

Para analisar a diversidade de espécies, foram utilizados os índices de diversidade de Shannon-Wiener (MAGURRAN, 2004) e a equidade de Pielou (J') (BROWER; ZAR, 1984) por meio do programa Fitopac 2.1.

A caracterização em grupos sucessionais das espécies encontradas na área de estudo foi baseada no trabalho de Tabarelli, Villani e Mantovani (1993), com adaptações, considerando-se três categorias sucessionais: espécies pioneiras, secundárias iniciais e secundárias tardias.

Posteriormente, foi determinado o índice de circularidade (IC), descrita na Equação 1, também conhecida como borda/interior que nos informa sobre a tendência em relação ao formato de um fragmento florestal (GREGGIO et al., 2006) com o auxílio do programa Qgis 2.8.7. Conforme a equação IC, o fragmento apresentará tendência à forma

arredondada, quando o valor do índice de circularidade for próximo de 1, e a medida que este se aproxima de zero, tem-se um fragmento alongado (GREGGIO et al., 2009; CARDOSO et al., 2006). Com essa equação podemos inferir sobre o efeito de borda, pois fragmentos florestais próximos ao formato circular apresentam efeito de borda minimizada, enquanto os de formato irregular apresentam maior vulnerabilidade ao efeito de borda.

$$IC = \frac{12,57 \cdot A}{P^2} \quad (1)$$

Em que IC corresponde ao índice de circularidade, A representa a área em m² do fragmento florestal delimitado pela microbacia e P é o perímetro do fragmento florestal (m). A importância dessa análise para os estudos da dinâmica e estrutura de fragmentos florestais nos permite inferir o nível de proteção de seu interior em relação aos efeitos de borda (GREGGIO et al., 2009).

7.2. Coleta da serapilheira foliar

A coleta do folheto foi conduzida pelo período de um ano. Foram avaliadas duas formas de entrada: o aporte terrestre foi analisado por meio da deposição de folhas que podem alcançar o curso d'água (FRANÇA et al. 2009). Nesse método foram confeccionados coletores tripés com estrutura de pvc e área de coleta de 0,25 m², associados a redes de sombrite 65% (Figura 8). Esses coletores foram instalados a 0,5m do solo e distribuídos a 6 e 12 m por ambas as margens do curso d'água, totalizando 12 coletores por margem, e mantendo-se uma distância de 10 m entre eles.

O outro método de determinação foi o aporte vertical, neste estima-se a queda direta de folhas no leito do córrego (FRANÇA et al. 2009). Para mensuração foram penduradas seis redes de 1 m² de sombrite 65% sobre o fluxo de água, usando-se fitilhos amarrados pelos vértices, a uma altura de 0,7 m do espelho d'água (Figura 9), dispostas em intervalos de 10 m. Essa disposição dos coletores pode ser observada na Figura 7. Cabe ressaltar que a área total de coleta, tanto nos coletores terrestres como no leito do rio compreendeu 6 m².



Figura 8: Coletor terrestre, situado às margens do curso d'água



Figura 9: Coletor vertical, situado sobre o curso d'água

As coletas terrestres e verticais foram realizadas mensalmente; o material recolhido em cada coletor foi acondicionado em sacolas plásticas, individualmente identificadas e transportadas para o laboratório. Após esse processo, o material foi triado em folhas de eucalipto e demais tipos. Esse material foi seco em estufa a uma temperatura de 60° C por 72 h para alcançar a estabilização do peso, para depois ser pesado em balança (MORETTI, 2005; LISBOA, 2012; FRANÇA et al., 2009).

7.2.1. Análises estatísticas

Primeiramente para o estudo da massa foliar de nativas e eucaliptos, foi obtida a soma total de folheto dos coletores para cada mês, levando-se em conta a bacia (microbacias: Forquilha, Monjolinho e Tinga), o local (tipo de coletor: terrestre e vertical) e tempo (meses). Para os totais de folheto foram utilizados modelos lineares generalizados com a distribuição gama e função de ligação logarítmica considerando a estrutura de dados longitudinais, utilizando-se a técnica das Equações de Estimação Generalizadas (NELDER, WEDDERBURN, 1972; DIGGLE et al., 2002; GBUR, et al., 2012), tendo como fatores bacia e local, o tempo foi considerado como covariável.

Posteriormente, para o estudo da produção mensal de nativas e de eucaliptos, com o passar do tempo, foram considerados os dados originais sem efetuar por mês a soma de cada medida do coletor. Foram ajustados e utilizados modelos lineares

generalizados com a distribuição gama e função de ligação logarítmica para dados longitudinais, utilizando-se a técnica das Equações de Estimação Generalizadas (NELDER, WEDDERBURN, 1972; DIGGLE et al., 2002; GBUR, et al., 2012), tendo como fatores bacia, local, e o tempo considerado como covariável.

Para as abordagens acima descritas, a qualidade do ajuste dos modelos foi feita através da análise de desvios (deviance). Para comparações entre fatores foi utilizado o teste de Tukey-Kramer (WESTFALL et al., 1999) do procedimento *genmod* do programa estatístico SAS – Statistical Analysis System versão 9.2, licenciado para a Universidade Estadual Paulista, UNESP.

8. RESULTADOS

8.1. Caracterização da vegetação das microbacias

No conjunto dos 694 indivíduos amostrados da vegetação nativa, presentes nas três microbacias, em uma área amostral total de 3600 m², foram identificadas 105 espécies, pertencentes a 37 famílias (Tabela 2, Apêndice A). Do total, devido à falta de material reprodutivo, 8 espécies não foram identificadas, 1 foi identificada até família e 18 somente até gênero.

A densidade e área basal total estimadas foram respectivamente de 1927,8 indivíduos/ha e 9,607 m²/ha para a classe diamétrica de indivíduos da regeneração natural com DAP $\geq$ 3,5 cm.

Tabela 2: Composição florística das espécies de maior ocorrência por família nas 3 microbacias

Famílias	Espécies	N	%	Estágio sucessional
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	13	68,4	P
Annonaceae	<i>Duguetia lanceolata</i> A.St.Hil.	2	33,3	St
	<i>Guatteria sellowiana</i> Schtdl.	2	33,3	Nc
Aquifoliaceae	<i>Ilex</i> sp.	14	51,8	St
Araliaceae	<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	4	100	P
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	22	100	Si
Bignoniaceae	<i>Handroanthus</i> sp.	15	75	Nc
Boraginaceae	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	2	100	Si
Celastraceae	<i>Maytenus floribunda</i> Reissek	2	50	St
	<i>Maytenus</i> sp.	2	50	Si
Clethraceae	<i>Clethra scabra</i> Pers.	1	100	Si
Cunoniaceae	<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	5	100	St
Euphorbiaceae	<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	41	66,1	Si
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	20	44,4	Si
Lamiaceae	<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	2	100	St
Lauraceae	<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	7	33,3	Si
Lecythidaceae	<i>Cariniana</i> sp.	2	100	St
Lythraceae	<i>Lafoensia pacari</i> A.St.Hil.	4	100	P
Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	6	100	P
Melastomataceae	<i>Miconia ligustroides</i> (DC.) Naudin	3	50	P
	<i>Miconia</i> sp.	3	50	Si
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	4	57,1	St

Famílias	Espécies	N	%	Estádio sucessional
Monimiaceae	<i>Mollinedia</i> sp.	1	50	Nc
	<i>Mollinedia widgrenii</i> A.DC.	1	50	St
Moraceae	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.	3	100	Si
Myrsinaceae	<i>Rapanea</i> sp.	1	50	Nc
	<i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez	1	50	Si
Myrtaceae	<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	105	46,1	St
Nyctaginaceae	<i>Guapira hirsuta</i> (Choisy) Lundell	3	75	St
Peraceae	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	8	100	P
Phyllanthaceae	<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	1	100	Si
Polygonaceae	<i>Coccoloba cordata</i> Cham.	1	100	Nc
Primulaceae	<i>Myrsine gardneriana</i> A.DC.	5	100	Si
Proteaceae	<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch	5	62,5	Si
Rosaceae	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	13	92,8	P
Rubiaceae	<i>Ixora venulosa</i> Benth.	15	75	St
Rutaceae	<i>Esenbeckia grandiflora</i> Mart.	8	50	St
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	15	65,2	P
Sapindaceae	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	56	84,8	St
Solanaceae	<i>Solanum argenteum</i> Dunal	3	100	Si
-	Morfoespecie 7	5	20	Nc

Em que: N corresponde à espécie de maior ocorrência na Família; % à porcentagem da espécie de maior ocorrência na Família; na coluna Estádio sucessional: P corresponde à pioneira; Si à secundária inicial; St à secundária tardia e Nc às espécies não identificadas.

No geral, as famílias com maior riqueza de espécies foram: Myrtaceae (19), Fabaceae (7), Euphorbiaceae (5), Lauraceae (5), Salicaceae (5) e Annonaceae, Meliaceae e Rutaceae com 4 espécies cada uma. As famílias que apresentaram maior abundância de indivíduos foram: Myrtaceae (228), Sapindaceae (66), Euphorbiaceae (62), Fabaceae (45), Aquifoliaceae (27), Salicaceae (23), Arecaceae (22) e Lauraceae (21).

Na Figura 10, podem-se visualizar as famílias mais representativas em cada remanescente florestal das microbacias estudadas.

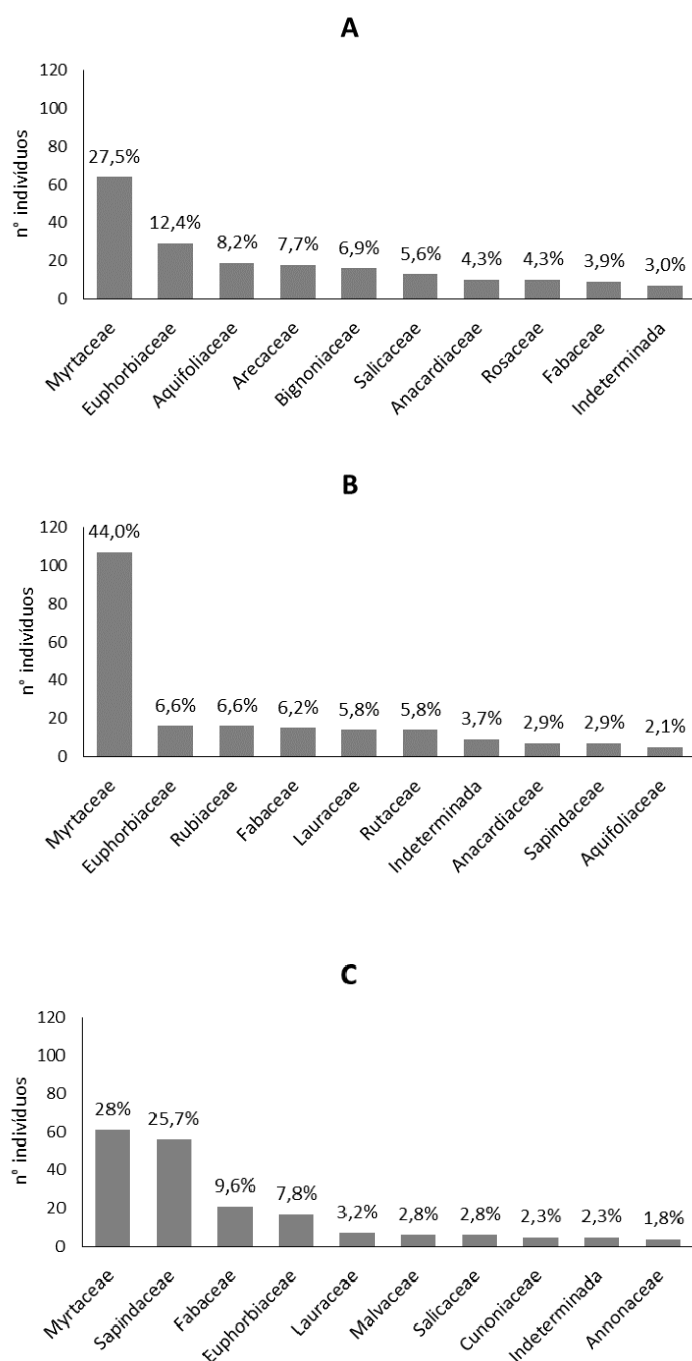


Figura 10: Caracterização das 10 famílias com maior número de indivíduos no ano de 2015/2016. Em que A, B e C correspondem respectivamente às microbasias Forquilha, Monjolinho e Tinga.

Ao analisar o total de indivíduos, as famílias Myrtaceae, Sapindaceae, Euphorbiaceae e Fabaceae apresentam maior destaque. A família Myrtaceae se destacou

principalmente pela elevada frequência e densidade da espécie *Myrciaria floribunda* nas três áreas.

A microbacia do Monjolinho exibiu o elevado número de indivíduos e área basal total, porém a contribuição do eucalipto foi baixa em número de indivíduos (Tabela 3). A microbacia do Tinga, pelo contrário, apresentou um reduzido número total de indivíduos, mas o eucalipto mostrou elevada contribuição em densidade e área basal, por isso que o eucalipto na microbacia Tinga apresentou maior valor de importância.

Os locais amostrados apresentam as espécies *Dendropanax cuneatus*, *Copaifera langsdorffii*, *Cordia selowiana*, *Casearia sylvestris*, *Inga marginata*, *Inga striata*, *Myrciaria floribunda*, *Prunus myrtifolia*, *Metrodorea nigra*, *Solanum argenteum*, *Luehea divaricata*, *Annona cacans*, *Croton floribundus*, *Ixora venulosa* entre outras (Apêndice A) que são representativas da vegetação de Floresta Estacional Semidecidual.

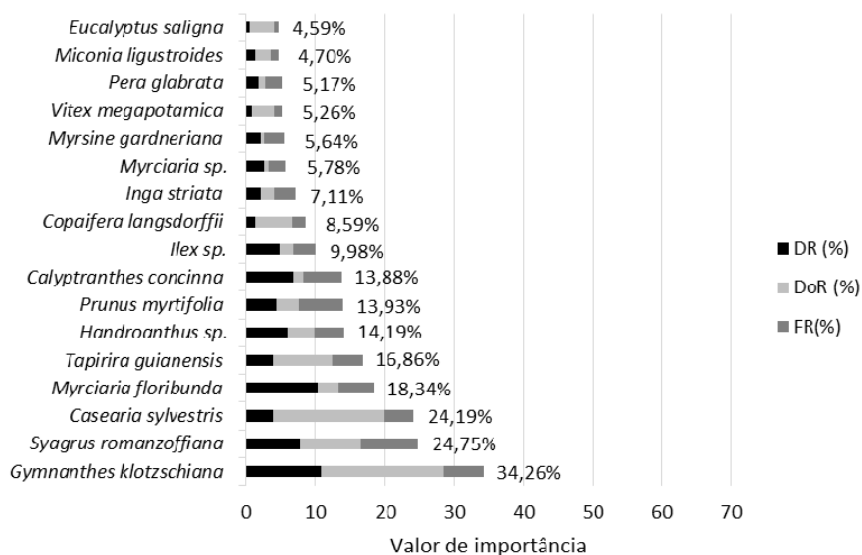
Tabela 3: Distribuição do número de indivíduos, espécies e índices de diversidade para indivíduos com altura $> 1,30$ m e DAP $\geq 3,5$

Parâmetros	Monjolinho	Forquilha	Tinga
Nº de indivíduos	243	233	218
Nº de Espécies	61	54	46
Nº de Famílias	24	24	22
Área basal total das parcelas (m ² / parcelas)	4,759	2,865	4,224
Área basal total por hectare (m ² / ha)	39,658	23,875	35,200
Área basal eucalipto por parcela (m ² / parcelas)	1,163	0,101	1,851
Área basal eucalipto por hectare (m ² / ha)	9,692	0,842	15,425
Densidade (nº/ha)	2025,0	1941,7	1816,7
Densidade absoluta eucalipto (nº/ha)	25,0	8,3	216,7
Índice Shannon-Wiener (H')	3,33	3,43	3,01
Equabilidade (J)	0,810	0,859	0,785

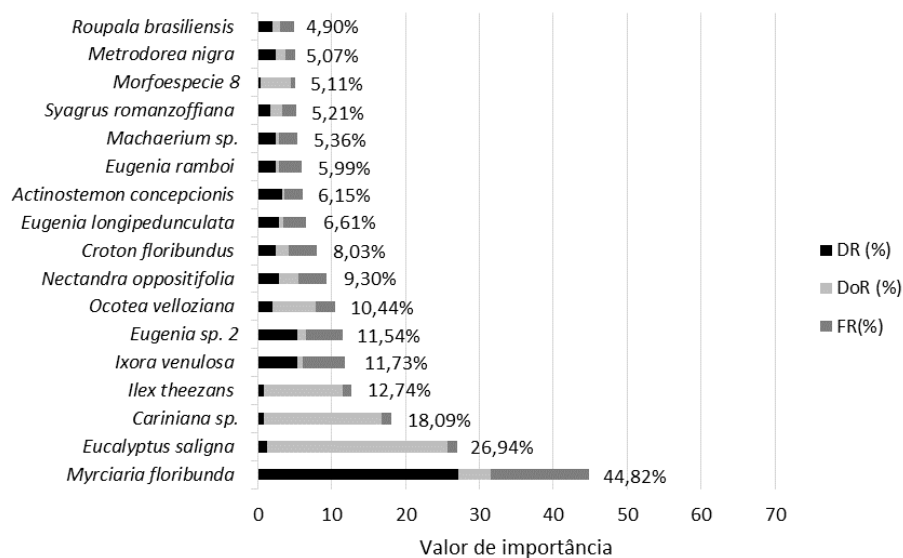
As espécies que ocorreram nos três locais foram *Alchornea triplinervia*, *Calyptanthus concinna*, *Copaifera langsdorffii*, *Dendropanax cuneatus*, *Eucalyptus saligna*, *Ilex theezans*, *Ixora venulosa*, *Myrciaria floribunda*, *Prunus myrtifolia* e *Tapirira guianensis*. Todavia ao visualizar as 17 espécies de maior valor de importância (Figura 11), somente a espécie *Myrciaria floribunda* e *Eucalyptus saligna* são comuns nas três

áreas, isso demonstra que cada uma apresenta diferentes espécies predominantes no ambiente, e conseqüentemente, depositam material foliar na camada superficial do solo.

A



B



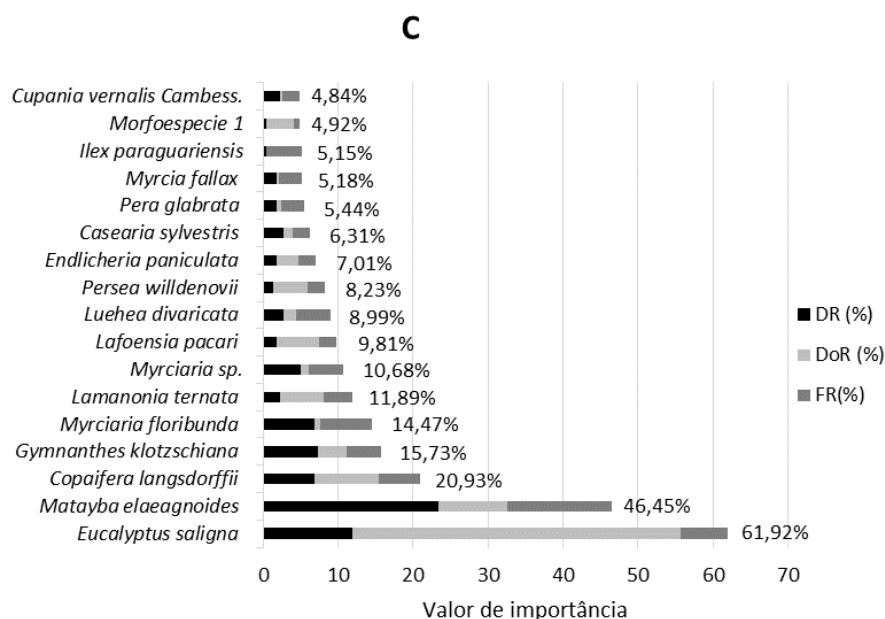


Figura 11: Índice de valor de importância para as 17 espécies com os maiores valores. Em que DR corresponde à densidade relativa; DoR à dominância relativa; FR à frequência relativa. A, B e C correspondem respectivamente às microbacias Forquilha, Monjolinho e Tinga.

Na microbacia Tinga, o eucalipto se destacou pela densidade e principalmente pela dominância, isso porque a maioria dos indivíduos de eucalipto presentes apresentavam diâmetros elevados; por isso, o índice J apresentou o menor valor entre as microbacias (Tabela 3), demonstrando menor uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes. Já no Monjolinho, a espécie de maior valor de importância (*Myrciaria floribunda*) se destacou pela elevada densidade e frequência no local, resultando no valor intermediário de equabilidade. Na microbacia Forquilha, ocorreu maior uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes e, conseqüentemente, o maior valor de equabilidade; a espécie de maior valor de importância foi *Gymnanthes klotzschiana*.

No cálculo do índice de circularidade dos fragmentos de vegetação ripária, obteve-se para as microbacias Tinga, Monjolinho e Forquilha respectivamente 0,34; 0,68 e 0,69. Pode-se observar que a vegetação ciliar da microbacia Tinga apresentou-se com formato mais alongado e, desse modo, com maior efeito de borda do que em relação às demais microbacias que apresentaram formato com tendência circular.

8.2. Dinâmica de produção de folheto

Tanto nos coletores terrestres como nos verticais, somando-se as folhas nativas com eucalipto, a produção de serapilheira foliar foi maior na estação seca, com destaque nos meses de setembro e outubro (Figura 12). Os meses de menor produção de serapilheira foliar nos coletores terrestres e verticais na Forquilha, Monjolinho e Tinga foram respectivamente julho e maio, maio e julho e janeiro e maio.

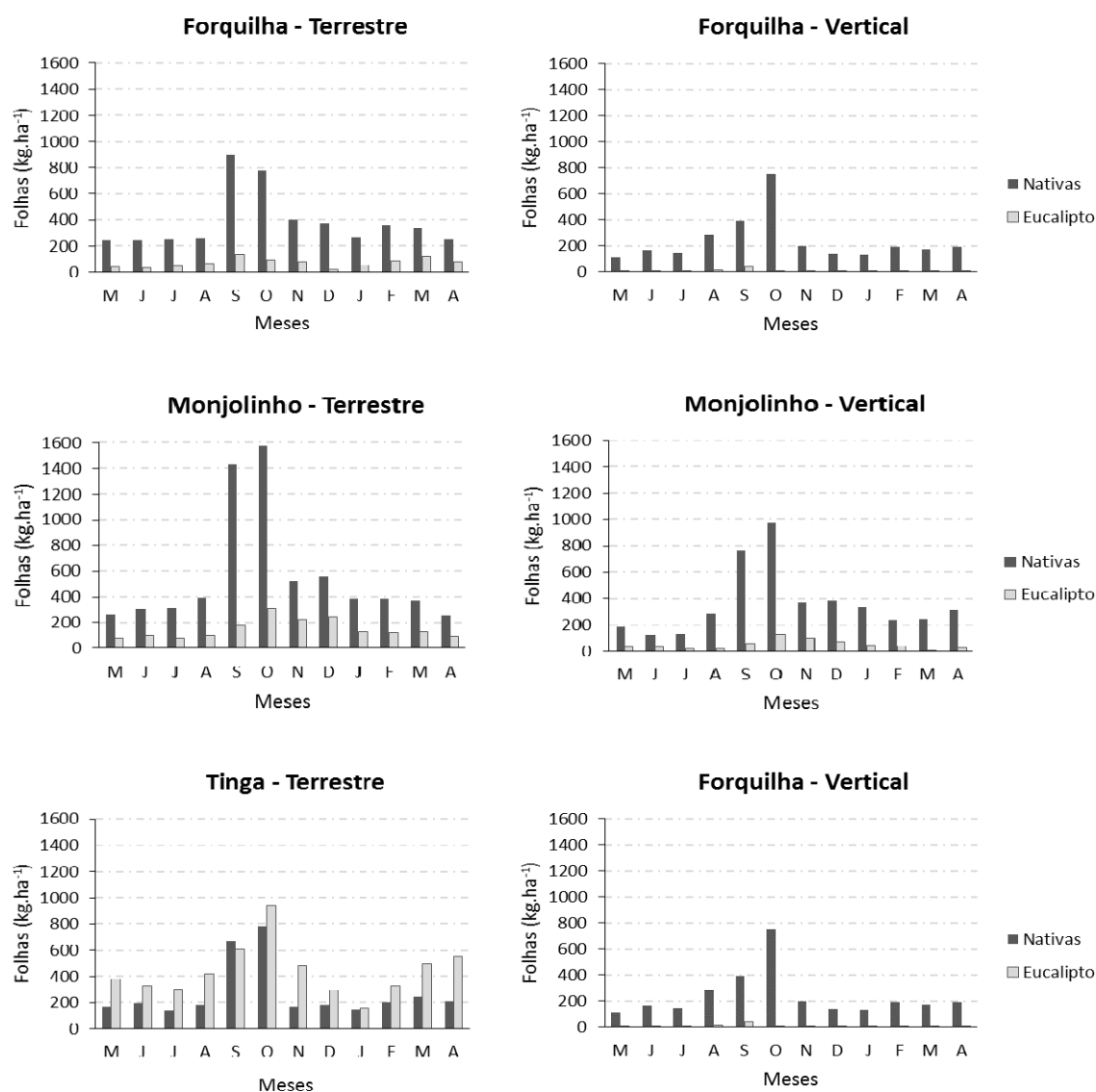


Figura 12: Distribuição de folheto nos coletores terrestres e verticais no período de maio de 2015 a abril de 2016.

Na Figura 13, apresenta-se a contribuição total anual em massa foliar nos coletores verticais e terrestres. As folhas de eucalipto contribuíram na microbacia Forquilha em 15,2% nos coletores terrestres e 3,1% nos coletores verticais; Monjolinho contribuiu com 20,7% no terrestre e 11,8% no vertical e Tinga contribuiu em 61,6% no terrestre e 36,1% no vertical.

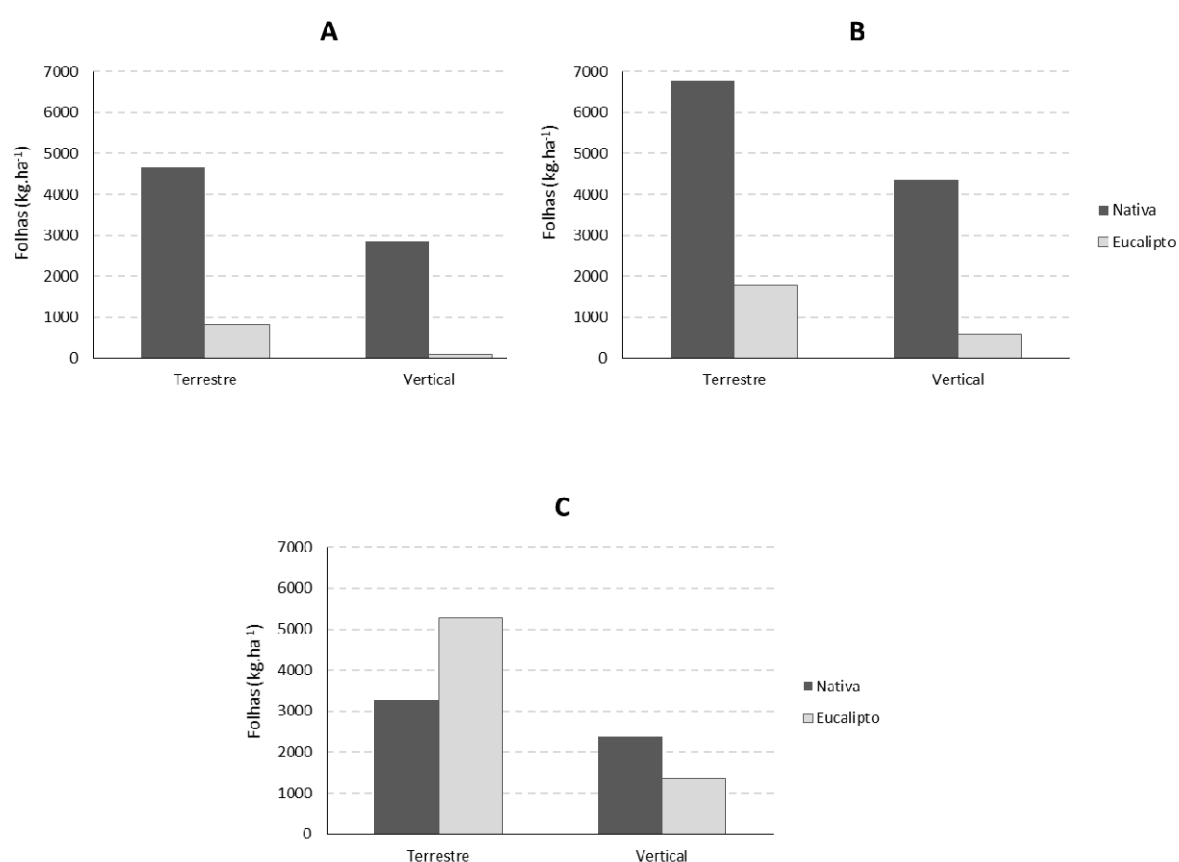


Figura 13: Contribuição total anual de produção de serapilheira foliar nos coletores verticais e terrestres no período de maio de 2015 e abril de 2016. Em que A, B e C correspondem respectivamente às microbacias Forquilha, Monjolinho e Tinga.

A produção anual de folheto por hectare dos coletores terrestres e verticais nas microbacia do Forquilha, Monjolinho e Tinga foram respectivamente de 5496,1 e 2961,9 kg.ha⁻¹, 8546,6 e 4928,6 kg.ha⁻¹ e 8564,2 e 3741,86 kg.ha⁻¹.

Ao levar em consideração a produção mensal ao longo de 12 meses de coleta, coletores terrestres e verticais, não ocorreram para folhas nativas efeitos de produção de serapilheira significativos entre as bacias ($p > 0,1353$), mas surgiram efeitos significativos entre local (coletores verticais e terrestres) ($p < 0,0143$), com maior volume nos coletores terrestres do que nos verticais. Esse mesmo padrão ocorreu para as folhas de eucalipto, com apenas efeito significativo de local ($p < 0,0143$).

Na análise dos dados originais, sem utilizar o somatório de produção dos coletores por mês, foram considerados os meses de julho de 2015 a abril de 2016. Para as folhas de eucalipto, ocorreram somente efeitos significativos de bacias ($p < 0,0124$), portanto as microbacias diferem entre si na produção. E para as folhas nativas houve efeito significativo de bacia ($p < 0,0039$) e tempo ($p < 0,0001$). Na Tabela 4, pode-se observar as diferenças na produção foliar entre bacias, com destaque de maior produção de folheto de eucalipto na microbacia Tinga, e maior produção de folheto de nativas na Monjolinho.

Tabela 4: Média de produção foliar (g) segundo o tipo de folha e microbacia. Intervalo de confiança para média a 95% de confiança entre parênteses

Bacia	Tipo foliar	
	Nativas	Eucalipto
	13,14 b	1,84 c
Forquilha	(11,47 - 14,80)	(1,44 - 2,25)
	20,49 a	4,24 b
Monjolinho	(17,91 - 23,08)	(3,68 - 4,80)
	10,12 c	11,54 a
Tinga	(8,58 - 11,66)	(10,24 - 12,85)

Onde: Médias seguidas de mesma letra minúscula na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey-Kramer ao nível de 5% de significância. Parênteses em correspondência.

9. DISCUSSÃO

Segundo Gonçalves Junior et al. (2014) a presença particular de famílias como Fabaceae, Euphorbiaceae e Myrtaceae são comuns em florestas tropicais, sendo a família Fabaceae importante na fixação de nitrogênio. As sementes da família Myrtaceae são comumente dispersadas por pássaros porque seus frutos são de grande interesse para a avifauna (SANTOS; FERREIRA; ÁQUILA, 2004; COLUSSI; PRESTES, 2011), e segundo Romagnolo e Souza (2004) em ambientes ripários essa família destaca-se por sua riqueza específica. Já a família Euphorbiaceae apresenta tanto dispersão zoocórica por meio de aves (PASCOTTO, 2006) como autocórica através da dispersão explosiva dos seus frutos (BATTILANI, SANTIAGO, SCREMIN-DIAS, 2013).

Os valores obtidos para o índice de diversidade de Shannon (H') e o índice de equabilidade de Pielou (J') para a microbacia Monjolinho e principalmente para Forquilha são valores próximos aos alcançados em florestas estacionais semidecíduais do sudeste do Brasil. Assim como nos exemplos, Sartori et al.(2015) obtiveram em Socorro (SP) $H'=3,95$ e $J'=0,79$; Silva e Soares (2003), no município de São Carlos, obtiveram $H'=3,45$; Sartori, Poggiane e Engel (2002) obtiveram $H'=3,75$, no sítio LV, em Itatinga e Ivanauskas et al. (1999) também em Itatinga obtiveram valores de $H'=4,023$ e $J'=0,82$. Já a microbacia do Tinga apresentou valores próximos aos trabalhos de Ivanauskas e Rodrigues (2000) em Piracicaba onde obtiveram $H'=3,0$ e $J'=0,7$; Dislich, Cersósimo e Mantovani (2001), em estudo no Planalto Paulistano, obtiveram $H' = 3,04$ e $J'=0,77$, valores considerados baixos em florestas estacionais semidecíduais do sudeste do Brasil.

Segundo a análise dos valores do índice de circularidade, a microbacia Tinga apresentou formato alongado, uma vez que o seu índice aproximou-se de zero, portanto este local apresentará maior vulnerabilidade aos efeitos de borda. Gonçalves Júnior et al. (2014) citam em seu trabalho que o efeito de borda e a elevada presença de espécies de *Eucalyptus sp* podem comprometer o desenvolvimento e estabelecimento de nativas. O efeito de borda resulta em uma série de modificações do ambiente, dentre elas, maior entrada de luz, elevada variação de temperatura, alta influência do vento e menor umidade do solo e do ar,

alterações estas que podem prejudicar o estabelecimento de espécies arbóreas (PEREIRA et al., 2013).

A vegetação secundária da microbacia Forquilha exibiu valores H e J superiores aos demais locais, seguida de Monjolinho e Tinga. Portanto o efeito de borda e a maior densidade e área basal do eucalipto podem estar relacionados aos baixos valores de H e J, assim como a menor riqueza em espécies e uma reduzida abundância de indivíduos no remanescente florestal da microbacia Tinga.

Observa-se que nos meses de setembro e outubro, final do inverno e início da primavera, ocorreram as maiores produções de material foliar. Esse padrão sazonal é similar aos trabalhos de Gonçalves Junior et al. (2014), França et al. (2009), Gonçalves e Callisto (2013), Vital et al. (2004) e Afonso, Henry e Rodella (2000) em que há maior contribuição de folheto no final do período seco. Segundo Chabot e Hicks (1982) a abscisão das folhas envolve fatores físicos, estresse devido às baixas temperaturas e/ou estresse hídrico ou por questões hormonais da própria planta. Em floresta estacional semidecidual, a queda de folhas pode se relacionar tanto à redução do fotoperíodo, como a uma estratégia de redução dos efeitos de escassez de água, na qual a queda de folhas reduziria as perdas por transpiração (FRANÇA et al., 2009; GONÇALVES JÚNIOR; FRANÇA; CALLISTO, 2006; ARATO; MARTINS; FERRARI, 2003; PAGANO; DURIGAN, 2001).

Cabe ressaltar que nos meses de outubro e setembro, final do período de estresse hídrico, ocorreram também as maiores velocidades do vento, contribuindo na deposição de folhas senescentes para o solo. Segundo Gonçalves Junior et al. 2014 a deposição de serapilheira é influenciada por características da zona ripária como composição, fenologia e abundância e por condições ambientais (temperatura, precipitação, umidade e vento). Bilby e Heffner (2016) descrevem que tanto a velocidade e direção do vento, assim como a idade, altura, densidade e abundância de espécies somados à topografia do local contribuem na produção de serapilheira e no raio de deposição do folheto. Esses autores acrescentam o histórico de uso do solo como fator de influência nas variações de deposição de serapilheira.

Neste trabalho visualizou-se menor coleta significativa de folhas de eucalipto nos coletores verticais das três microbacias. Possivelmente, a presença de vegetação

nativa, ao longo de cursos d'água, atua como um efetivo filtro superficial contra a constante entrada de material de fora dos limites da zona ripária (LIMA; ZAKIA, 2001).

Dados da estrutura e composição florística como abundância, densidade e área basal total de espécies na microbacia do Monjolinho, provavelmente, promoveram maior quantidade de material coletado nesta microbacia quando comparado com as demais. Na microbacia Tinga, o eucalipto apresentou maior densidade e área basal total, assim como maior deposição de folhas. Esse resultado pode-se relacionar à presença de indivíduos de eucalipto de maior idade e mais desenvolvidos, caracterizados pelos elevados diâmetros. Segundo Portela e Santos (2007), a densidade, área basal e altura também influenciam na maior produção de serapilheira.

A microbacia Tinga, com a menor riqueza em espécies e maior efeito de borda, apresentou elevada coleta de folheto de eucalipto. Segundo Gonzáles et al. (2002) a espessa serrapilheira pode dificultar o contato direto das sementes com o solo comprometendo a regeneração. Desse modo, o estabelecimento e desenvolvimento de espécies vegetais no local serão reduzidos, podendo resultar em baixa riqueza e abundância de espécies.

Segundo alguns autores, a produção de serapilheira, em floresta estacional semidecidual, é maior em ecossistemas florestais nos estádios iniciais de sucessão, e diminui à medida que a floresta atinge estádios mais maduros (PAGANO; DURIGAN, 2001; FERREIRA et al. 2014; BARLOW et al., 2007). Porém Vital et al. (2004) sugerem que a produção de serapilheira não é apenas dependente do estágio sucessional, mas também variável com a estrutura do ecossistema considerado. Desse modo, as condições ambientais da microbacia Forquilha, onde se obteve elevado valor H e J, produziram menor quantidade de serapilheira foliar em função da estrutura e funcionamento do sistema local. Gonçalves Junior et al. (2014), propõem em seu estudo que a composição de espécies pode influenciar na dinâmica de deposição de serapilheira e detectar o nível de preservação da floresta, podendo atuar como um bioindicador florestal.

Os artigos 61-A e 66, presentes no novo Código Florestal (BRASIL, 2012), permitem o uso intercalado de espécies exóticas com nativas em 50% da área total em APP e Reserva Legal de áreas consolidadas. No interesse em conciliar espécies nativas com o plantio de eucalipto para obtenção de toras, a condução de árvores com elevados diâmetros e em densidades elevadas, poderá provocar alterações na dinâmica de deposição da serapilheira

foliar, isto porque essas espécies de eucalipto poderão depositar maior quantidade de folheto sobre o solo do que as espécies nativas. As folhas do eucalipto apresentam influência na dinâmica de produção e decomposição de seu material, pois suas folhas são esclerofilas e ricas em polifenólicos, podendo alterar as taxas de decomposição da serapilheira (MASESE et al. 2014; FERREIRA et al., 2015) e resultar em maior acúmulo de folheto sobre o solo (COSTA; GAMA-RODRIGUES; CUNHA, 2005). Desse modo, a baixa decomposição desse material pode alterar a disponibilidade de alimento ao longo da cadeia alimentar (CASOTTI et al., 2015) e interferir na integridade ecológica. Portanto, são importantes estudos sobre a decomposição de material exótico em zonas ripárias para se determinar a possibilidade de alterações na dinâmica de ciclagem do material orgânico.

10. CONCLUSÃO

Fatores como a densidade e área basal, assim como o estresse hídrico ocorrido no inverno, contribuíram para a maior deposição de folheto de eucalipto. Tendo em vista que a maior contribuição de folheto ocorreu na microbacia Tinga, local de maior número de indivíduos de eucalipto com elevada área basal.

CAPÍTULO II: DECOMPOSIÇÃO FOLIAR DE ESPÉCIES NATIVAS E DO *Eucalyptus saligna* EM TRÊS AMBIENTES LÓTICOS

11. INTRODUÇÃO

Ambientes que apresentam fluxo constante de água, como por exemplo, cursos d'água, córregos e riachos, são denominados como sistemas lóticos (MITRE, 2011). Esses ambientes geralmente surgem como pequenos cursos d'água provenientes de uma nascente em locais de alta elevação topográfica, onde a água da nascente corre em direção à inclinação em resposta à gravidade (KUEHN, 2016). Os sistemas lóticos representam uma zona ativa de intercâmbio entre o solo e a água, pois recebem material da vegetação e representam uma importante via de entrada e saída de energia (YUE et al, 2016). A vegetação ciliar é a principal responsável pela produtividade primária em corpos d'água de menor ordem, isto porque uma bacia hidrográfica arborizada associada à pequena dimensão do córrego reduz a entrada de luz e não promovem a atuação satisfatória de algas e macrófitas (MITRE, 2011; BEGON et al., 2006).

Portanto, quando o material foliar proveniente da vegetação ripária deposita-se sobre o solo da floresta e/ou no curso d'água, iniciam-se os processos de desintegração lenta desse material. A decomposição ocorre por meio de três mecanismos básicos denominados lixiviação, fragmentação e catabolismo (BITAR; ANTONIO; BIANCHINI JÚNIOR, 2002). Em ambientes aquáticos a fase de lixiviação é rápida e pode ocorrer até os 15 dias posteriores ao primeiro contato com a água (GIMENEZ; CUNHA-SANTINO; BIANCHINI JÚNIOR, 2010). Segundo Abelho (2001), a perda de peso por lixiviação pode variar de 4 a 42 % do peso inicial, porém, Alvim (2012) sugere que esta perda comparada com o peso inicial é de no mínimo 30%. Desse modo a presença de água além de acelerar o processo de lixiviação, possibilita o fluxo constante de protozoários, nematódeos, fungos e outros sobre a matéria orgânica (BEGON et al., 2006).

O movimento constante da água pode refletir na velocidade do processo de decomposição, uma vez que esse fluxo pode acelerar a perda de peso via processo de abrasão (NIU; DUDGEON, 2011) e acelerar a lixiviação. A agitação proveniente da vazão proporciona a oxigenação da água e favorece a atividade de muitos microrganismos

decompositores (BEZERRA, 2012). Cabe ressaltar que não só os aspectos físico-químicos da água (condutividade, pH, temperatura e outros) são fatores de influência na atividade da decomposição, mas também as características intrínsecas do detrito, como sua composição química, podem inibir a atuação dos organismos decompositores e alterar as taxas de decomposição (RICKLEFS, 2011).

Segundo Grassa e Canhoto (2006), Masele et al. (2014) e Ferreira et al. (2014), a composição química do material foliar é um fator de grande relevância na taxa de decomposição. Grandes quantidades de componentes como lignina e celulose, que conferem dureza às folhas, e concentrações elevadas de polifenólicos, como os taninos, podem inibir ou retardar o contato de invertebrados e microrganismo no folheto e atribuir uma menor velocidade de decomposição (MITRE, 2011; GRAÇA; CANHOTO, 2006). Elevadas relações C/N também relacionam-se com materiais com baixa quantidade de nitrogênio e lenta decomposição (CALDEIRA et al., 2007). Desta maneira, a presença de uma única espécie com elevada concentração desses componentes na serapilheira pode reduzir a taxa de decomposição (HOORENS; AERTS; STROETENGA, 2003).

Apesar de algumas espécies exóticas possuírem potencial de produzir serapilheira de qualidade e com elevadas taxas de decomposição, como pode ser observado no trabalho de Áragon et al. (2014), em outros casos resultam em baixas taxas de decomposição devido a características físicas e químicas do material foliar (FUREY et al., 2014). Segundo Hoorens, Aerts e Stroetenga (2003) a interação entre os diferentes componentes físico-químicos da serapilheira pode ter efeitos positivos ou negativos na taxa de decomposição. No caso, a espécie *Eucalyptus sp.* comumente utilizada em plantios comerciais, apresenta influência na dinâmica de produção e decomposição da serapilheira foliar, isto porque suas folhas são esclerofilas e ricas em polifenólicos (MASESE et al. 2014; FERREIRA et al., 2015). Esses componentes podem inibir o contato de invertebrados e microrganismos no folheto e reduzir a taxa de decomposição (MITRE, 2011), resultando em maior acúmulo de material vegetal sobre o solo (COSTA; GAMA-RODRIGUES; CUNHA, 2005).

Portanto, a conservação da zona ripária é de grande importância, tendo em vista que garante a manutenção da integridade da comunidade aquática e dos processos ecológicos, uma vez que alterações da qualidade do material foliar podem reduzir a

colonização dos decompositores no material foliar senescente e reduzir as taxas de decomposição, ocasionando alterações na ciclagem de nutrientes.

Considerando as informações anteriores, o objetivo deste trabalho foi determinar a influência das folhas de eucalipto na decomposição aquática em três microbacias situadas na EECFI, e averiguar se a taxa de decomposição das folhas de eucalipto é menor do que das folhas nativas.

12. MATERIAL E MÉTODOS

12.1. Caracterização física e química dos córregos

A fim de obter uma ampla caracterização do ambiente em que o experimento foi conduzido, dados físico-químicos dos cursos d'água foram determinados para cada córrego. Nos períodos de estudo, foram coletados dados de vazão, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e pH, nitrogênio total e fósforo total presentes nos corpos d'água.

A temperatura (°C) e o oxigênio dissolvido da água foram analisados com o uso de um medidor de oxigênio dissolvido digital portátil YSI ProODO™, as análises do potencial hidrogeniônico (pH) foram efetuadas pelo medidor portátil da SCHOTT^R modelo Handylab ph 11; a condutividade, pelo medidor portátil da HANNA *instruments* modelo HI 9835; os dados de vazão, pelo Orpheus mini – OTT e os resultados de nitrogênio e fósforo foram obtidos por meio de análise química em laboratório. Os dados de temperatura e oxigênio dissolvido foram verificados no local onde ocorreram as coletas, os demais foram efetuados no mesmo dia, a partir de amostras de água acondicionadas em caixas de isopor.

No Apêndice B, apresentam-se a média das características físicas e químicas dos cursos d'água em cada período de coleta estudado e, na Tabela 5, observamos apenas as médias. A temperatura média total no período de inverno foi de 16°C e no verão ocorreu um aumento médio geral de 4°C. A condutividade apresentou variação no inverno; porém, no verão, houve aumento e elevada variação nos períodos de coleta. A Forquilha apresentou em média uma vazão bem reduzida contrastando com a microbacia Tinga, que apresentou maior valor.

Tabela 5: Características físico-químicas dos cursos d'água durante o período do Verão e Inverno

Microbacias	Parâmetros	Inverno		Verão	
		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
TINGA	T (°C)	16,92	0,80	20,46	0,88
	PH	5,98	0,95	5,69	0,19
	Cond. - uS/cm	11,06	1,87	30,97	26,54
	OD (mg/L)	7,64	0,34	6,94	0,74
	V (L/s)	3,93	0,51	8,74	4,57
	Nitrato (mg L ⁻¹)	0,38	0,11	1,51	2,96
	P (mg L ⁻¹)	0,01	0,01	0,02	0,00
FORQUILHA	T (°C)	15,96	1,33	20,06	0,92
	PH	6,56	0,26	6,09	0,29
	Cond. - uS/cm	22,77	1,42	27,89	5,84
	OD (mg/L)	8,54	0,63	6,77	0,91
	V (L/s)	0,83	0,36	3,98	3,05
	Nitrato (mg L ⁻¹)	0,99	0,56	1,05	0,54
	P (mg L ⁻¹)	0,02	0,01	0,03	0,00
MONJOLINHO	T (°C)	16,26	1,33	20,18	0,86
	PH	5,97	0,17	5,86	0,16
	Cond. - uS/cm	15,41	3,80	17,85	2,95
	OD (mg/L)	7,50	0,48	6,65	0,84
	V (L/s)	2,21	1,61	9,31	6,37
	Nitrato (mg L ⁻¹)	0,81	0,53	0,79	1,34
	P (mg L ⁻¹)	0,04	0,01	0,04	0,01

Em que: T corresponde à temperatura; PH corresponde ao potencial hidrogênionico; Cond. corresponde a condutividade; OD corresponde ao oxigênio dissolvido, V corresponde a vazão e P corresponde ao fósforo.

Cabe ressaltar que em todas as localidades estudadas, tanto no verão quanto no inverno, o pH apresentou alguns valores um pouco menores que o intervalo de 6 a 9 recomendado pelo CONAMA 357/05 para determinação de qualidade da água (BRASIL, 2005). A microbacia Forquilha foi uma exceção no inverno.

12.2. Metodologia

Foram recolhidas folhas por meio de coletores suspensos espalhados pela área do referido estudo (ALVIM, 2012), com área de coleta de 0,25m², sendo seis

coletores distribuídos a 6 e 12 m em ambas as margens do curso d'água, totalizando 12 coletores por margem, mantendo-se uma distância de 10 m entre eles (Figura 7). Após coleta, as folhas foram submetidas à secagem em caixas de papelão em temperatura ambiente por 72 horas, depois acondicionadas a vácuo em câmara seca, até a montagem dos *litter bags* (MORETTI, 2005). As folhas coletadas foram triadas em eucalipto, folhas das demais espécies e mistura dessas duas porções (1:1). Foram introduzidos 5g de folhas secas ao ar (RUEDA-DELGADO; WANTZEN; TOLOSA, 2006) nas *litter bags*, com malha de 1 mm² e dimensões 15 x 20 cm (Figura 14). O material utilizado na confecção das *litter bags* foi tela de plástico aberta clarite cristal 11% (solpack). Essas bolsas foram lateralmente costuradas com fio de nylon e a abertura fechada com grampeador (Figura 14). Posteriormente, as *litter bags* de cada tipo foliar foram incubadas no interior dos córregos com o auxílio de linha de nylon e ganchos de metal amarrados em uma estaca de localização (Figura 15), seguidas uma da outra no interior do curso d'água. Para a introdução das *litter bags* em meio aquático, procuraram-se trechos do curso d'água similares entre si.



Figura 14: *Litter bag* utilizada nos experimentos de decomposição



Figura 15: *Litter bags* incubadas no interior do curso d'água

A avaliação da decomposição foi realizada em dois períodos do ano, sendo uma, no período de transição entre Outono e Inverno de 2015 e a outra, no período de Primavera e Verão do ano de 2016. A decomposição foi avaliada por meio da perda de massa do folheto incubado, sendo retiradas cinco bolsas por tratamento aos 7, 14, 28, 56 e 112 dias segundo Rueda-Delgado, Wantzen e Tolosa (2006) com modificações. Desse modo, o somatório total por bacia estudada foi de 25 bolsas de eucalipto, 25 para as demais folhas e 25 para a mistura dessas duas porções (1:1).

O material retirado das *litter bags* em cada período de coleta foi acondicionado em caixas térmicas e levado para laboratório (MITRE, 2011). Em seguida, o material foi lavado com água deionizada para a retirada de sedimentos e microorganismos (TONIM, 2013). Foram confeccionadas para cada tratamento mais cinco *litter bags* correspondentes ao dia zero no intuito de corrigir possíveis alterações de peso no preparo, transporte, manuseio (BENFIELD, 2007). O material foliar remanescente, após preparo de cada período, foi submetido à secagem em estufa até o peso constante na temperatura de 70° C para determinação da massa seca remanescente (RUEDA-DELGADO; WANTZEN; TOLOSA, 2006).

Foram determinadas posteriormente, por meio de uma pequena porção de folhas do eucalipto e das demais espécies, a quantificação geral de lignina, celulose, nutrientes totais e relação Carbono/Nitrogênio (C/N) presentes nas folhas (CIZUNGU et al., 2014).

- Determinação AFDM:

Após determinada a massa seca remanescente, foi obtida a massa seca livre de cinza (AFDM, *ash-free dry mass*) inicial e remanescente, por meio de incineração do material em mufla a 550°C por 4h, ambas em laboratório (FERREIRA et al. 2015 com modificações). Os valores obtidos auxiliam na determinação da porcentagem de matéria orgânica e consequentemente na determinação de AFDM remanescente conforme as fórmulas (2), (3) e (4) descritas por Benfield (2007), para o caso de uso de amostras:

$$\text{MO (\%)} = [(\text{massa seca} - \text{massa cinza}) / \text{massa seca}] * 100 \quad (2)$$

$$\text{AFDM} = \text{massa seca total} * \text{MO (\%)} \quad (3)$$

$$\text{AFDM}_{\text{remanescente (\%)}} = (\text{AFDM}_{\text{final}} / \text{AFDM}_{\text{inicial}}) * 100 \quad (4)$$

Em que MO (%) é a porcentagem de matéria orgânica e pode ser determinada com pequenas amostras ou com o total do material coletado no interior das *litter bags*. Neste trabalho preferiu-se não utilizar amostras, e sim o material total para se determinar a quantidade real de material foliar perdido ao longo do tempo. A AFDM_{final} refere-se a cada período mensal de coleta e a AFDM_{inicial} ao material do tempo zero.

12.2.1. Metodologia estatística:

No estudo, foram ajustados modelos de regressão não linear $y_{ij} = \alpha_j \exp[\beta_j t_{ij}] + u_{ij}$ para cada combinação de bacia, tipo de folha e bags. Neste modelo, y é a perda da matéria orgânica em percentual; α é o parâmetro que representa o início do fenômeno; $\exp$ é a função exponencial; β é o parâmetro que representa a taxa de decomposição da matéria orgânica (k); t é o tempo (dias); u é uma variável aleatória com distribuição normal com média zero e variância constante e os índices i e j são, respectivamente, os relacionados às observações e repetições. Após o ajuste do modelo, teremos: $\hat{y} = \hat{\alpha} \exp[\hat{\beta} t]$, cujo tempo de meia vida fica: $t = \ln(2)k^{-1}$.

Para este ajuste, foi utilizado o procedimento *nlin* do programa estatístico SAS – Statistical Analysis System (SAS, 2012), versão 9.2, licenciado para a Universidade Estadual Paulista, UNESP. Após o ajuste, os parâmetros β estimados foram considerados como variáveis dependentes em modelos lineares generalizados com distribuição normal e função de ligação identidade, tendo como fatores bacia e tipo de folha. Deste modo, é possível verificar o efeito desses fatores na taxa de decaimento da matéria orgânica.

Para as abordagens acima descritas, a qualidade do ajuste dos modelos foi feita por meio da análise de desvios (deviance). Foi utilizado o teste de comparações múltiplas de médias denominado Tukey-Kramer (Westfall et al., 1999) aos tratamentos e às interações significativas, do procedimento *genmod* do programa estatístico SAS – Statistical Analysis System (SAS, 2012), versão 9.2, licenciado para a Universidade Estadual Paulista, UNESP.

13. RESULTADOS

13.1. Composição química do detrito foliar

Na Tabela 6, são apresentados a composição química de macro e micronutrientes, a relação carbono nitrogênio (C/N) e o teor lignina e celulose de uma mistura de folhas da vegetação de cada microbacia e do eucalipto. Ao analisar os resultados, a mistura de folhas de nativas do Monjolinho apresentou elevados valores de macronutrientes, dentre eles N, K e Ca. Na microbacia Forquilha, ocorreu destaque dos micronutrientes, dentre eles Fe, Zn e B. Já a microbacia do Tinga apresentou variação de macro e micronutrientes.

Tabela 6: Valores de macro e micronutrientes, relação C/N e teores de lignina e celulose das folhas utilizadas nos experimentos de decomposição

Amostra	N	P	K	Ca	Mg	S	C/N	Fe	Cu	Zn	Mn	B	Celulose	Lignina
	<i>g kg⁻¹</i>							<i>mg kg⁻¹</i>					%	
FN	17,5	1,2	3,2	25,4	3,4	1,5	26,9	308	15,8	55,2	660	41,18	23,64	26,75
TN	16,1	1,3	2,7	22,7	5,6	1,3	30,0	195	13,1	39,0	660	39,71	23,12	33,15
MN	18,9	1,0	4,3	29,9	4,7	1,0	25,4	222	16,4	27,6	540	40,88	24,15	32,76
FE	12,6	0,5	1,6	8,3	3,0	0,5	40,0	80	7,8	19,2	888	27,71	24,45	39,00
TE	11,2	0,6	1,7	8,4	2,9	0,5	44,5	118	9,6	20,4	872	29,98	25,26	43,49
ME	14,0	0,7	3,7	9,6	2,4	0,8	35,9	55	7,8	24,0	803	20,64	20,48	30,48

Em que: FN - mistura de folhas nativas da microbacia Forquilha; TN - mistura de folhas nativas da microbacia Tinga; MN - mistura de folhas nativas da microbacia Monjolinho; FE - mistura de folhas do *Eucalyptus saligna* Sm. na microbacia Forquilha ; TE – mistura de folhas do *Eucalyptus saligna* Sm. na microbacia Tinga e MN - mistura de folhas do *Eucalyptus saligna* Sm. na microbacia Monjolinho

Na mistura de folhas de eucalipto, exibiram-se as menores concentrações de macro e micronutrientes com exceção do Mn, assim como a maior relação de C/N. As concentrações de lignina e celulose da mistura de folhas de nativas das microbacias Forquilha e Tinga apresentaram as menores concentrações quando comparada com as folhas de eucalipto. Porém esse padrão não ocorreu na microbacia Monjolinho, onde as folhas nativas apresentaram elevada concentração de lignina e celulose quando comparadas às do eucalipto.

13.2. Análises Estatísticas

Nesta análise estatística, avaliou-se a velocidade de perda de matéria orgânica no tempo. Consideramos a taxa de perda de matéria orgânica ou decomposição (k)

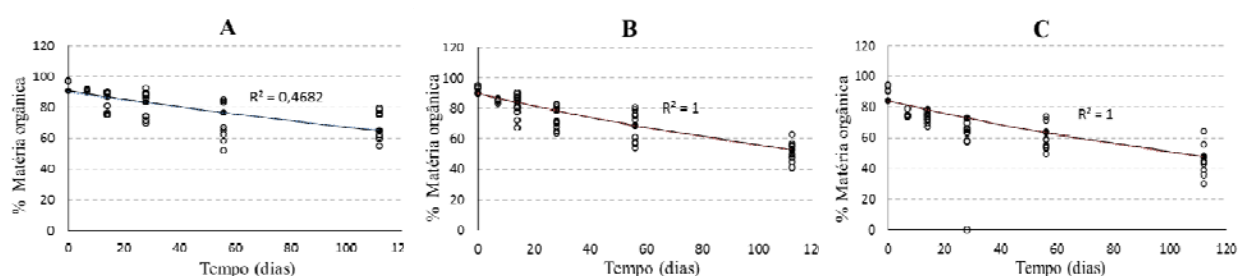
segundo o tipo de folha e a microbacia. Foi utilizado o teste de comparações múltiplas de médias (Tukey-Kramer) a 5 % aos tratamentos e às interações significativas (Tabela 7).

Tabela 7: Média da taxa k de perda de matéria orgânica segundo o tipo de folha e microbacia. Intervalo de confiança para média a 95% de confiança entre parênteses

Microbacias	Tipo de folha (10^{-3})		
	E	E/N	N
Forquilha	3,04 bA (2,77 - 3,31)	5,24 abA (4,16 - 6,32)	6,33 aB (5,19 - 7,47)
Monjolinho	4,50 aA (3,94 - 5,05)	3,94 aA (3,10 - 4,79)	6,44 aB (5,16 - 7,33)
Tinga	3,83 bA (2,53 - 5,14)	5,29 aA (4,58 - 6,00)	10,04 aA (1,25 - 7,54)

Em que: Médias seguidas de mesma letra, minúscula na mesma linha e maiúscula na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey-Kramer ao nível de 5% de significância. Parênteses em correspondência.

Foram observados efeitos significativos de bacia ($p < 0,0001$) e tipo de folha ($p < 0,0001$) e a interação entre bacia e tipo de folha ($p < 0,0001$). No geral, as folhas de nativas apresentaram as maiores perdas de material orgânico com o passar do tempo. Quanto à localidade, somente as folhas de nativas apresentaram diferenças de decomposição, sendo a microbacia do Tinga estatisticamente mais rápida na decomposição do que a do Monjolinho e Forquilha. Somente a microbacia do Monjolinho não apresentou diferenças significativas na decomposição entre os tipos foliares estudados (E, E/N e N). Na Figura 16, pode-se observar a porcentagem de perda de matéria orgânica pelo tempo.



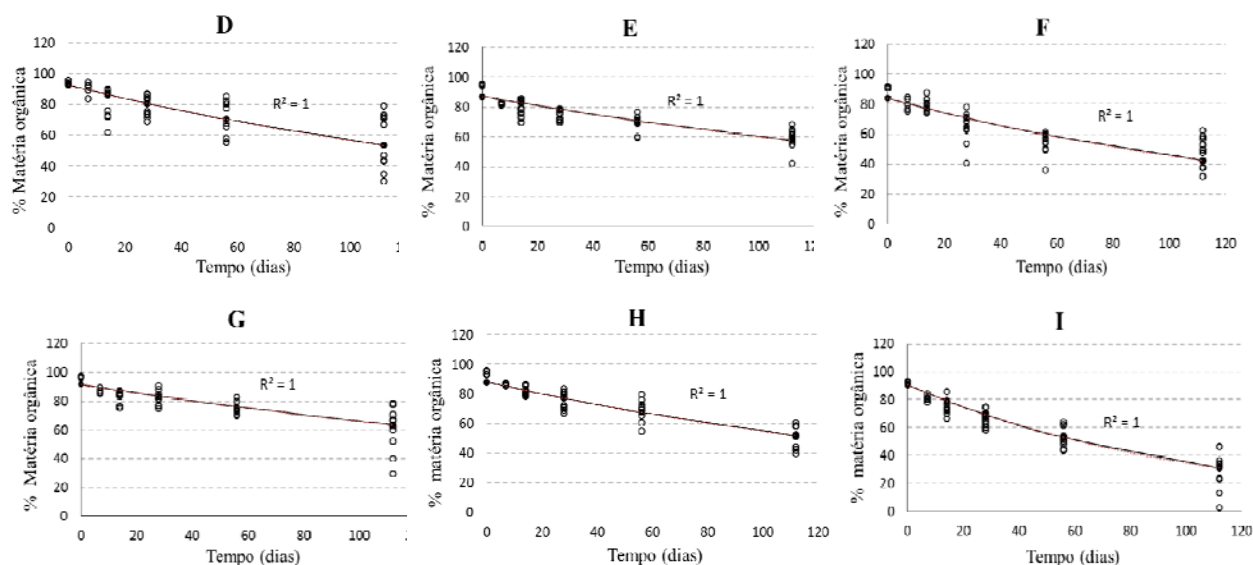


Figura 16: Porcentagem de perda de massa remanescente pelo tempo, no ano de 2015/2016, onde A, B e C correspondem respectivamente ao tipo foliar E, E/N e N da microbacia Forquilha; D, E e F ao tipo foliar E, E/N e N da microbacia Monjolinho e G, H e I ao tipo foliar E, E/N e N da microbacia Tinga.

Por meio da Tabela 8, podemos observar o tempo de meia-vida dos tipos foliares do eucalipto (E), eucalipto + nativa (E/N) e nativas (N).

Tabela 8: Constante de decomposição e tempo de meia-vida para o material remanescente

Microbacias	E		E/N		N	
	k g.g ⁻¹	T 1/2 dia	k g.g ⁻¹	T 1/2 dia	k g.g ⁻¹	T 1/2 dia
Forquilha	0,00304	228,01	0,00524	132,28	0,00633	109,50
Monjolinho	0,00450	154,03	0,00394	175,93	0,00644	107,63
Tinga	0,00383	180,98	0,00529	131,03	0,01004	69,04

Onde: k corresponde à taxa de decomposição e T_{1/2} ao tempo de meia-vida

Quanto menor a taxa de perda de massa da serapilheira (k) maior o tempo de meia-vida. A taxa de decomposição mais rápida ocorreu para as folhas nativas e este resultado fica mais evidente quando se analisa o tempo de meia-vida, pois elas apresentaram o menor tempo em dias de decomposição de 50% do material remanescente.

14. DISCUSSÃO

No geral, a rápida decomposição visualizada no início do período estudado era esperada, isto porque os compostos mais solúveis e palatáveis tendem a ser liberados e consumidos pelos decompositores de forma mais rápida; e depois, gradualmente iniciam a degradação dos componentes mais resistentes à decomposição como a lignina, celulose e compostos fenólicos (CIANCIARUSO et al., 2006). Assim, o padrão exponencial de decomposição de material foliar encontrado para a decomposição aquática insere-se neste quadro de rápida decomposição inicial e posterior lentidão.

Entre o período Outono/Inverno do ano de 2015 e Primavera/Verão do ano de 2016, ocorreu um aumento da condutividade, relacionado a maior presença de íons na água. O aumento da condutividade encontrado no período Primavera/Verão era esperado, uma vez que nesta época ocorre maior frequência de chuvas, as quais carregam nutrientes incluindo os presentes no solo e na serapilheira, até chegar ao curso d'água (SCHWENDENMANN; VELDKAMP, 2005). Apesar da elevada vazão no período de Primavera/Verão devido a ocorrência de chuvas, os picos de vazão verificados promoveram maior carreamento de partículas na água, resultando em um acúmulo de sedimento sobre as *litter bags*, o que impediu, em alguns momentos, o contato direto das folhas com o fluxo de água, interferindo nos processos de abrasão e fragmentação do folheto por meio da vazão.

Neste trabalho sugere-se que a decomposição aquática foi influenciada pela composição química dos tipos foliares uma vez que a menor taxa de decomposição ocorreu para as folhas de eucalipto devido a sua alta relação C/N e quantidades superiores de lignina, celulose. Segundo Tórrão, Sousa e Kozovits (2011) a relação C/N pode interferir na qualidade nutricional do material, de modo que altos valores de C/N indicam maior quantidade de carbono e baixa quantidade de nitrogênio, portanto menor taxa de decomposição. Caldeira et al. (2007) também sugerem que reduzidos valores de C/N relacionam-se a materiais com decomposição mais rápida, enquanto os valores elevados de C/N estão relacionados a materiais de lenta decomposição. A lignina e a celulose são componentes presentes na parede celular e conferem resistência ao material vegetal por dificultar a penetração dos decompositores através dessa parede (COSTA et al., 2005). Autores como Mitre, (2011), Graça e Canhoto (2006) e Costa, Gama-Rodrigues e Cunha (2005) descrevem que esses

componentes podem conferir maior dureza às folhas, menor concentração de nitrogênio, alta relação carbono nitrogênio e concentrações elevadas de taninos, fatores estes que resultam em menor taxa de decomposição.

Apesar da influência de componentes como a lignina, celulose e relação C/N no processo de decomposição, observa-se que a presença de macronutrientes como o Ca e Mg também apresenta relevante atuação na velocidade com que se verifica esse processo. Segundo García-Palácios et al. (2016), o Ca promove efeitos positivos na decomposição aquática por possibilitar maior crescimento e atividade dos hifomicetos aquáticos, e quando esse elemento apresenta-se em baixa concentração, o Mg exibe-se como um componente considerável para a dieta de invertebrados. Desse modo, de acordo com os resultados obtidos, pode-se sugerir que as concentrações desses componentes tenham contribuído com a rápida decomposição de folhas nativas, uma vez que essas concentrações apresentaram-se superiores quando comparadas às folhas de eucalipto.

Cabe ressaltar que as folhas de eucalipto apresentam espessa cutícula para retardar o ataque de patógenos e herbívoros, assim como evitar perdas de água por transpiração. Observa-se também nessa espécie, a presença de óleos que apresentam propriedades antibióticas, podendo interferir na produção de enzimas microbianas e suprimir ou reduzir a atuação dos hifomicetos aquáticos, desse modo, essas defesas químicas e físicas podem atribuir menor decomposição ao material foliar do eucalipto (GRASSA; CANHOTO, 2006).

As taxas de decomposição entre os tipos foliares observados demonstraram diferenças de decomposição entre as folhas isoladas de eucalipto e de nativas nas microbacias Tinga e Forquilha, onde as folhas do *Eucalyptus saligna* apresentaram a menor taxa de decomposição. Já a microbacia Monjolinho não apresentou diferenças significativas entre os tipos foliares estudados, possivelmente porque a composição química entre as folhas nativas e do eucalipto neste local se apresentaram similares.

Modificações na zona ripária podem interferir na qualidade e quantidade de material senescente liberado para o ecossistema; e em ambiente aquático de menor ordem, o material alóctone é a principal fonte de energia para os organismos heterotróficos (CASOTTI et al., 2015). Portanto, a elevada entrada de material com alta concentração de lignina, celulose, compostos polifenólicos e relação C/N podem modificar a

colonização foliar pela comunidade decompositora, as taxas de decomposição e os níveis tróficos superiores dependentes e sustentados pelo material alóctone (MASESE et al., 2014), alterando a disponibilidade de alimento ao longo da cadeia alimentar (CASOTTI et al., 2015). Desse modo a decomposição seria dirigida mais pela comunidade microbiana do que por invertebrados fragmentadores (ÁRDON; PRINGLE, 2008). E dependendo da quantidade de material foliar depositada no curso d'água, a baixa decomposição resultará em maior acúmulo de folheto não decomposto no interior do curso d'água, alterando a integridade do ecossistema.

Por outro lado, a mistura de folhas de nativas apresentaram maior índice de decomposição devido a sua elevada taxa de perda de material com o passar do tempo. Possivelmente, a maior diversidade vegetal disponibilizada pela zona ripária oferece maior variedade de recursos alimentares, atraindo uma comunidade variada de decompositores (CASOTTI et al., 2015; LECERF et al., 2011). Isso aliado a sua composição química, pode ter acelerado o processo de decomposição.

Ao levar em consideração o tempo de meia-vida, as folhas nativas apresentaram o menor período para decompor 50% do material foliar remanescente, portanto um material importante na manutenção do equilíbrio natural do ecossistema ripário. Segundo Ferreira et al. (2014) a serapilheira constitui um banco de nutrientes para o solo, sendo a principal via de transferência para o ecossistema, porém mudanças no tipo de material constituinte da serapilheira podem alterar o fluxo de nutrientes entre a planta e o ambiente. Nesse sentido, uma vez entendido que a serapilheira é a principal fonte de energia para os organismos heterotróficos, as modificações na entrada de serapilheira foliar podem interferir na atividade da comunidade decompositora e, conseqüentemente, modificar a alimentação de diferentes grupos na cadeia alimentar (CASOTTI et al., 2015).

Somente as folhas nativas apresentaram diferenças significativas quanto ao local, sendo que a microbacia do Tinga se destacou com a maior taxa de decomposição. Segundo Abril et al. (2015), algumas modificações hidrológicas, provocadas por fontes naturais (chuva) ou não (antrópicas), podem provocar efeitos imediatos sobre a decomposição, como é o caso da vazão, por meio da fragmentação, lixiviação e abrasão. Segundo García-Palacios et al. (2006) o fluxo constante de água acelera a decomposição em ambientes aquáticos, quando comparada com a decomposição terrestre. Porém picos de vazão

carregam muitos sedimentos e podem soterrar as folhas no fundo do leito de água e reduzir a taxa de decomposição do material foliar.

Ao contrário do trabalho de Abril et al. (2015), quando se leva em consideração a ordem do curso d'água, a microbacia do Forquilha que tem o seu curso de segunda ordem, apresentou a menor vazão e taxa de decomposição, este fato contraria a ideia de que quanto maior a ordem do curso d'água, maior a taxa de decomposição.

Desse modo, os resultados desta pesquisa demonstram que as taxas de decomposição entre nativas e exóticas revelam diferenças, uma vez que as folhas de nativas, quando comparadas com o *Eucalyptus saligna*, apresentaram menor tempo para decompor 50% do material remanescente. Portanto mudanças na paisagem em função da presença da espécie *Eucalyptus saligna* podem alterar a qualidade do folheto que entra no sistema e interferir na ciclagem de nutrientes.

15. CONCLUSÃO

A mistura de folhas isoladas de *Eucalyptus saligna* apresentou a menor taxa de decomposição e maior tempo de meia-vida, desse modo os resultados confirmam a hipótese de que as folhas de *Eucalyptus saligna* possuem menor decomposição aquática quando comparadas aos demais tipos foliares estudados.

CAPÍTULO III: DECOMPOSIÇÃO TERRESTRE DE ESPÉCIES NATIVAS E *Eucalyptus saligna* EM TRÊS AMBIENTES RIPÁRIOS

16. INTRODUÇÃO

Fatores como clima, material de origem, vegetação, topografia e idade, determinam características intrínsecas na formação de solos (TROEH; THOMPSON, 2007). Os solos estão em constante mudança, pois há diversas vias de entrada e saída de nutrientes, por exemplo, as entradas derivadas de material vegetal, íons dissolvidos na chuva, a desagregação de rochas e etc; e as saídas provenientes de lixiviação tanto superficial quanto na direção das águas subterrâneas (RICKLEFS; MILLER, 2000). Segundo Aduan, Vilela e Klink (2003), o processo de evolução se conduziu à disponibilidade lenta e gradual de nutrientes para o solo, pois naturalmente ocorre seu empobrecimento pelo processo de lixiviação. E quando esses nutrientes são liberados nos ecossistemas terrestres, eles são facilmente assimilados devido ao contato direto das raízes com o material vegetal da superfície do solo, em contrapartida, nos ecossistemas lóticos, o material orgânico que cai no interior do corpo d'água é carregado pelo fluxo de água (RICKLEFS, 2011).

Nesse contexto, a serapilheira constitui a principal via de transferência de nutrientes para o solo (JIANG; YIN; WANG, 2013), e as folhas representam sua maior fração (ZHANG et al., 2014). O processo de decomposição foliar é dirigido por muitos fatores, dentre eles, o clima, qualidade da serapilheira e biota do solo (GARCÍA-PALACIOS et al., 2013). Entretanto, a composição química do substrato, tem se destacado como o principal condutor deste processo (NGAO; BERNHARD-REVERSAT; LOUMETO, 2009), isso porque a ação dos decompositores está em função de sua afinidade pelo material, e alguns componentes químicos e estruturais presentes nas folhas podem estimular ou decrescer a atividade da comunidade decompositora, afetando o processo de decomposição (CIZUNGU et al., 2014). Segundo García-Palacios et al. (2013), o clima também possui grande relevância no processo de decomposição, devido ao seu efeito direto sobre os processos biológicos do solo em função da temperatura e precipitação, assim como pelos efeitos indiretos sobre a qualidade do material vegetal e na biota do solo.

Porém, nos últimos anos, tem se verificado um crescente número de interferências em remanescentes florestais que podem, a longo prazo, alterar a riqueza e abundância de espécies nativas, provocar variações nas condições ambientais (entrada de luz e disponibilidade de água) e modificar as relações entre as espécies da cadeia (ÁRAGON et al., 2014). Em alguns casos, a introdução de espécies exóticas não promove modificações negativas no ambiente, mas há situações que podem influenciar na abundância e atividade da biota do solo e, conseqüentemente, alterar a ciclagem de nutrientes (ÁRAGON et al., 2014). Observa-se que a introdução de espécies exóticas com elevada quantidade de compostos secundários, como por exemplo, o *Eucalyptus* spp., podem modificar a atividade dos decompositores sobre o material vegetal e interferir na velocidade do processo de decomposição, porém essa situação não ocorre em seu local de origem, isto porque a comunidade decompositora não está adaptada ao material exótico introduzido (MEDINA-VILAR et al., 2015). Segundo Hladyz et al. (2009) a maioria das zonas ripárias presentes ao redor do mundo apresentam muitas espécies plantadas e não nativas, e embora essas espécies não tenham comportamento de invasoras, elas podem interferir no ambiente devido a alterações na composição da serapilheira, e esses efeitos terão mais evidência entre as folhas nativas e exóticas em função de diferenças na sua qualidade nutricional.

A fim de obter maior entendimento sobre a decomposição em vegetação secundária ripária, o presente trabalho possui o objetivo de verificar a influência do *Eucalyptus saligna* na decomposição de folheto, cuja hipótese visa verificar se a taxa de decomposição terrestre de folhas de *Eucalyptus saligna* é menor que os demais tipos foliares estudados.

17. MATERIAL E MÉTODOS

17.1. Metodologia

O estudo sobre a decomposição terrestre consistiu em coletar folhas senescentes, antes do contato com o solo. Os coletores foram dispostos aleatoriamente na área de estudo e posteriormente as folhas foram submetidas à secagem dentro de caixas de papelão em temperatura ambiente, durante 72 horas. Em seguida foram acondicionadas a vácuo em câmara seca, até chegar à montagem dos *litter bags*. Introduziram-se 5 g desse material nas *litter bags* nas dimensões 15 x 20 cm (TERROR; SOUZA, KOZOVITS, 2011) com malha de 1mm².

Assim como no trabalho de decomposição aquática, foram utilizadas na confecção das *litter bags*, telas abertas de plástico clarite cristal 11% (solpack) que apresenta baixa influência no bloqueio de luz solar sobre as folhas. Após a confecção das *litter bags* terrestres, estas foram colocadas às margens do curso d'água (Figura 17).



Figura 17: Disposição das *litter bags* terrestres

O período de coleta foi de um ano, a introdução das *litter bags* ocorreu no mês de maio de 2015 e finalizou-se no mesmo mês do ano de 2016. As retiradas das *litter bags* ocorreram a cada três meses, após a sua instalação aleatória às margens do curso d'água, portanto aos 3, 6, 9 e 12 meses da data inicial (BARLOW et al. 2007). Foram retiradas cinco bolsas por tratamento em cada período de coleta. Avaliou-se a decomposição individual das folhas de eucalipto, dos demais tipos foliares e a mistura dessas duas porções (1:1). No total para cada bacia estudada, foram retiradas 20 bolsas com folhas de eucalipto, 20 de nativas e 20 da mistura dessas duas porções (1:1).

Assim como no capítulo de decomposição aquática, a caracterização química do material vegetal é o mesmo do Capítulo 2, e do material coletado em cada período foi determinado a AFDM (Equações 2, 3 e 4), não efetuou-se o cálculo de meia-vida porque não havia o número de amostras suficientes (grau de liberdade) para o ajuste de um modelo de regressão.

17.2. Análise química do solo

Para a caracterização química dos solos foi feita uma análise química. Foram coletadas em zigue-zague 10 amostras por microbacia, na profundidade de 0 - 20 cm, resultando em uma amostra composta por cada local.

As amostras foram analisadas em um laboratório particular onde verificaram-se: pH (CaCl_2), concentração de matéria orgânica (MO), macronutrientes (P, K, Mg, Ca, S), micronutrientes (Fe, Cu, Mn, Zn, B), alumínio trocável (Al^{+3}), acidez total ($\text{H}+\text{Al}^{+3}$), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva ao pH do solo (CTC), percentagem de saturação de bases (V%) e saturação de alumínio (m%). O resultado da análise química pode ser observado na Tabela 9.

Tabela 9: Resultado das análises químicas do solo das microbacias Forquilha, Monjolinho e Tinga

Amostra	pH	MO	P	S	Al^{+3}	$\text{H}+\text{Al}^{+3}$	K	Ca	Mg	SB	CTC	Fe	Cu	Mn	Zn	B	V	m
	CaCl_2	g dm^{-3}	mg dm^{-3}		mmolc dm^{-3}						mg dm^{-3}						%	
FN	3,8	34	12	26	14	67	1,81	11	4	16	84	161	2,6	6,2	1,3	0,34	19	47
MN	4,5	38	11	20	3	53	1,3	33	10	45	98	113	2,1	8,6	1,2	0,48	46	5
TN	3,8	42	23	13	28	123	0,99	7	5	13	136	84	4,3	3,8	1	0,28	10	67

Onde: FN corresponde à microbacia Forquilha; MN à microbacia Monjolinho e TN à microbacia Tinga

Na análise química, as amostras compostas de solo indicaram que os valores de pH encontrados para as microbacias Forquilha e Tinga foram baixas. Tinga se destacou, dentre os três locais, com a maior concentração de MO, P, Al^{+3} , $\text{H}+\text{Al}^{+3}$, CTC e Cu. Monjolinho apresentou elevada concentração de macro e micronutrientes. E Forquilha obteve elevados valores de K, Fe e Zn.

17.3. Análises estatísticas

A taxa de decomposição de matéria orgânica foi determinada utilizando-se as diferenças percentuais (*DFP*) entre os valores máximos e mínimos da perda de matéria orgânica em percentual no tempo.

$$DFP_t = \left(\frac{perda_min - perda_max}{perda_min} \right) 100 \quad (5)$$

Na sequência, as diferenças percentuais obtidas foram consideradas como variáveis dependentes em modelos de lineares generalizados com distribuição normal e função de ligação identidade, tendo como fatores bacia e tipo de folha. Assim é possível verificar o efeito desses fatores na taxa de decaimento da matéria orgânica.

Para as abordagens acima descritas, a qualidade do ajuste dos modelos foi feita por meio da análise de desvios (deviance). Para comparações entre fatores foi utilizado o teste de Tukey-Kramer (Westfall et al., 1999) do procedimento *genmod* do programa estatístico SAS – Statistical Analysis System (SAS, 2012), versão 9.2, licenciado para a Universidade Estadual Paulista, UNESP.

18. RESULTADOS

18.1. Composição química do folheto

Conforme foi mostrado no Capítulo 2, Tabela 6, quando comparada com a mistura de folhas nativas, a mistura de folhas de *Eucalyptus saligna* apresentou os menores valores de macro e micronutrientes excetuando-se Mn e maior relação de C/N. As concentrações de lignina e celulose nas folhas de nativas das microbacias Forquilha e Tinga indicaram as menores concentrações quando comparadas com as folhas de eucalipto. Porém esse padrão não ocorreu na microbacia Monjolinho, onde as folhas nativas é que apresentaram elevada concentração de lignina e celulose.

18.2. Massa remanescente do material foliar

Nesta análise estatística, considerou-se a porcentagem de perda matéria orgânica, segundo o tipo de folha e a microbacia. Foi utilizado o teste de comparações múltiplas de médias (Tukey-Kramer) a 5 %, aos tratamentos e às interações significativas (Tabela 10).

Tabela 10: Média da porcentagem de massa remanescente segundo o tipo de folha e microbacia. Intervalo de confiança para média a 95% de confiança entre parênteses

Microbacias	Tipo de folha		
	E	E/N	N
Forquilha	62,37 aA (53,83 - 70,91)	61,79 aA (53,23 - 70,34)	47,58 bB (35,22 - 59,93)
Monjolinho	63,92 aA (54,77 - 73,09)	59,14 bA (49,34 - 68,94)	58,65 bA (48,51 - 68,79)
Tinga	68,53 aA (59,75 - 77,31)	57,30 bA (46,73 - 67,86)	50,15 bAB (38,06 - 62,23)

Em que: Médias seguidas de mesma letra, minúscula na mesma linha e maiúscula na mesma coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey-Kramer ao nível de 5% de significância. Parênteses em correspondência.

Foram observados efeitos significativas da bacia ($p < 0,0007$), tipo de folha ($p < 0,0001$) e tempo ($p < 0,0001$) e interações significativas entre bacia e tipo de folha ($p < 0,0003$).

Observou-se a ocorrência de diferenças significativas entre folhas de eucalipto e nativas na decomposição de cada microbacia, sendo que as de eucalipto apresentaram as menores perdas de matéria orgânica e as nativas, as maiores perdas de material com o passar do tempo. Na Figura 18, pode-se observar a porcentagem de perda de matéria orgânica pelo tempo.

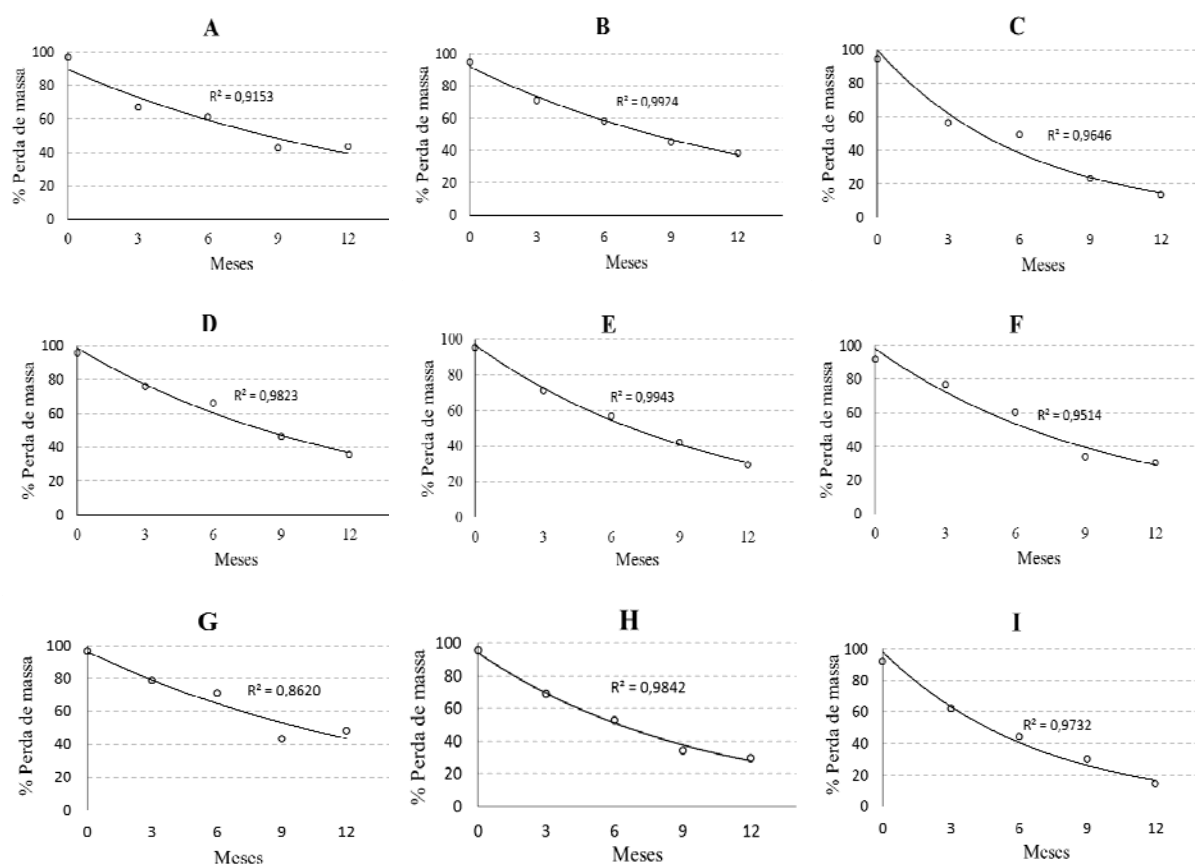


Figura 18: Porcentagem de perda de massa remanescente pelo tempo, no ano de 2015/2016 onde A, B e C correspondem respectivamente ao tipo foliar E, E/N e N da microbacia Forquilha; D, E e F ao tipo foliar E, E/N e N da microbacia Monjolinho; e G, H e I ao tipo foliar E, E/N e N da microbacia Tinga.

Quanto à localidade, somente as folhas de nativas apresentaram diferenças de decomposição, sendo a microbacia do Forquilha estatisticamente diferente e mais rápida no processo do que a Monjolinho. Tinga apresentou uma taxa intermediária e não se diferenciou das demais microbasias.

19. DISCUSSÃO

Assim como nos estudos de Barlow et al. (2007) e Cianciaruso et al. (2006), a introdução das *litter bags* ocorreu no período seco e por isso é provável que as taxas de decomposição poderiam ser maiores caso tivesse ocorrido na época das chuvas, quando a atividade dos decompositores é mais intensa. Sugere-se que a fase inicial do processo de decomposição seja fortemente influenciada por fatores climáticos, tendo em vista que os fatores físicos da decomposição são influenciados pela qualidade do material (CIANCIARUSO et al., 2006). A disponibilidade de água é um importante fator na liberação de nutrientes tanto quanto a temperatura, pois influenciam na atividade dos organismos decompositores (ÁRAGON et al., 2014).

Como podemos observar neste trabalho, principalmente nas microbacias Forquilha e Tinga, as folhas isoladas de *Eucalyptus saligna* apresentaram elevadas concentrações de C/N, lignina e celulose, e sua decomposição foi significativamente menor que das folhas nativas, portanto a liberação dos componentes foliares do *Eucalyptus saligna* é mais lenta para o ambiente. Na microbacia Monjolinho, as folhas nativas apesar de apresentarem os elevados teores de macronutrientes como N, K e Ca, apresentaram também elevada concentração de lignina e celulose, assim como as folhas de *Eucalyptus saligna*. Este fato pode ter influenciado na menor amplitude entre os valores da média de massa remanescente (Tabela 10), devido à elevada concentração de lignina e celulose nos três tipos foliares estudados.

Diversos autores como Cizungu et al. (2014), Jiang, Yin e Wang (2013) e Terror, Sousa e Kosovits (2011) apontam, entre os fatores que possuem grande relação com a velocidade de decomposição, a composição química desempenha um fator de relevância na dinâmica da decomposição. Porém deve-se considerar que além da composição química, o microclima e a fauna do solo possuem importância nesse processo (CIZUNGU et al., 2014).

A decomposição da mistura de folhas de eucalipto com nativas (1:1) apresentou-se de uma forma geral intermediária, enquanto nas folhas isoladas de nativas foi mais rápida e nas de eucalipto mais lenta. Possivelmente quanto maior a diversidade do ambiente, maior é a variedade de recursos alimentares, atraindo uma comunidade variada de

decompositores (CASOTTI et al., 2015). Observa-se também que a diversidade de microrganismos decompositores possibilita interações positivas no processo de decomposição, como ocorre entre fungos e bactérias, pois a colonização inicial de fungos possibilita posteriormente que bactérias penetrem mais facilmente nos tecidos vegetais (GUESSNER et al., 2010). Esses fatores aliados à composição química do material aumentam a eficiência das comunidades decompositoras em degradar a serapilheira.

Em uma situação de maior entrada de folhas de eucalipto para o ecossistema terrestre ripário, as consequências da menor decomposição deste tipo foliar poderão provocar alterações na ciclagem de nutrientes, uma vez que a baixa decomposição resultará em maior acúmulo de folheto sobre o solo e menor disponibilidade de nutrientes para os produtores primários (MELILLO; ABER; MURATORE, 1982) e organismos heterotróficos, modificando ao longo da cadeia alimentar a disponibilidade de alimento (CASOTTI et al., 2015).

Durante o processo de decomposição, agentes físico-químicos e biológicos agem sobre o material, alterando constantemente sua composição e concentração ao longo do tempo (BERG; MCCLAUGHERTY, 2014; CIZUNGU et al., 2014). Desse modo, a decomposição foliar inicial é frequentemente influenciada por macronutrientes como o nitrogênio, isto porque é um elemento importante na atividade e crescimento da comunidade microbiana do solo (CIZUNGU et al., 2014; NGAO; BERNHARD-REVERSAT; LOUMETO, 2009). As perdas posteriores do processo de decomposição são influenciadas pela disponibilidade de macronutrientes como o cálcio, este elemento tem grande influência no pH do solo, por isso sustenta o crescimento de fungos brancos e é um cofator de enzimas degradantes da lignina, um facilitador das atividades microbianas, fúngicas e também de minhocas (APONTE et al., 2010; CIZUNGU et al., 2014). No presente estudo, as folhas de eucalipto apresentaram os menores valores de nitrogênio e cálcio, situação esta que pode ter contribuído para a menor taxa de decomposição deste tipo foliar.

Ao levar em consideração a análise química do solo, percebe-se que a microbacia Tinga apresentou resultados satisfatórios de CTC, relacionados com a elevada quantidade de MO na sua camada superficial (0-20cm). A matéria orgânica do solo é a principal fonte de nutrientes para a vegetação, porém a quantidade de macro e micronutrientes

encontrada nesta área foi baixa, com destaque somente para o P e Cu, quando comparada com as demais microbacias. Portanto estes resultados confirmam acúmulo de MO neste local.

A microbacia Tinga apresentou um valor de elevada acidez potencial discrepante (H^+Al) em relação às outras microbacias. Este resultado pode estar relacionado com a concentração de íons H^+ , presença de matéria orgânica e pela atividade heterotrófica de raízes e microrganismos na camada superficial do solo (VIEIRA et al., 2010; MELLONI et al., 2001).

No geral, encontrou-se elevada acidez nos solos das três microbacias, isto porque os valores de pH de 3,8 a 4,2, aproximam-se dos encontrados pelos autores Silva (2002) e Pinheiro et al. (2004), em solos ácidos sob mata ciliar. Segundo SKORUPA et al. (2012), baixos valores de pH relacionam-se com locais de clima úmido, como nas bacias dos rios Doce, Paraíba do Sul, São Mateus, Mucuri e Piracicaba.

Na análise do solo, as maiores concentrações de bases como K e Ca, ocorreram nas microbacias Forquilha e Monjolinho, esses componentes ampliam as condições favoráveis de atuação dos microorganismos (MELLONI et al., 2001). Segundo Vieira et al. (2010) o Ca possui baixa mobilidade nas plantas, ficando armazenado nas folhas senescentes em forma de cristais. Já o K é um elemento presente no material vegetal e apresenta fácil lixiviação, por não ser constituinte de compostos orgânicos celulares, ocorre no ambiente na forma solúvel ou adsorvido ao suco celular (VIEIRA et al., 2010), portanto quando o solo apresenta-se com baixa adsorção, este elemento será facilmente levado com a água das chuvas (PAGANO, DURIGAN, 2001). Como a CTC encontrada nas microbacias foi satisfatória, muito dos componentes mineralizados poderão permanecer adsorvidos e disponibilizados para as plantas.

Na análise estatística, as folhas de nativas apresentaram diferenças de decomposição quanto à localidade, e foi a microbacia do Forquilha que apresentou maior rapidez de decomposição. Neste caso, fatores como elevada riqueza e abundância de espécies nativas possibilitam maior variedade de recursos alimentares, e como consequência, oferece maior riqueza e grande quantidade de organismos decompositores (BEGON et al., 2006; CASOTTI et al., 2015; LECERF et al., 2011); portanto esses agentes, em conjunto com condições edafoclimáticas e a composição química do material, podem acelerar o processo de decomposição.

20. CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho corroboram com a hipótese levantada, pois constatou-se que as folhas de *Eucalyptus saligna* apresentam uma taxa de decomposição menor que a dos demais tipos foliares. Esses efeitos se intensificam com a composição química do material, uma vez que, nas microbacias Forquilha e Tinga, as maiores quantidades de lignina, celulose, elevada relação C/N, baixa quantidade de N e Ca encontram-se presentes, justamente, nas folhas de eucalipto.

21. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No período estudado, o processo de decomposição de folhas ocorreu mais rapidamente no ambiente aquático do que no terrestre. No sistema lótico, a presença constante de água tende a acelerar a liberação dos compostos mais solúveis e os processos de fragmentação do folheto; já no terrestre, esta presença de água se limita às chuvas e à umidade local.

O folheto de eucalipto apresentou menor taxa de decomposição. As microbacias apresentaram diferenças significativas na produção de folhas de eucalipto e nativas, sendo que a microbacia Tinga se destacou com a maior deposição das de eucalipto. A vegetação florestal dessa área apresentou maior influência do eucalipto, menor valor de diversidade e equabilidade e maior efeito de borda. Pode-se sugerir para este local, uma lenta liberação de nutrientes das folhas do eucalipto e também um maior acúmulo desse material foliar sobre o solo e no interior do leito d'água.

Portanto o nível de conservação de uma zona ripária pode influenciar nas taxas de decomposição, na manutenção das comunidades decompositoras e nos processos ecológicos, tendo em vista que o desequilíbrio entre maior entrada de folheto e menor decomposição alteram o equilíbrio natural do ambiente.

Cabe ressaltar que no novo Código Florestal, nos artigos 61-A e 66 (BRASIL, 2012), legaliza-se o plantio intercalado de espécies exóticas em área total, de áreas de preservação permanente e reserva legal de áreas consolidadas. Áreas estas de grande importância para o ecossistema, na manutenção de água em quantidade e qualidade. Porém, como algumas espécies exóticas podem interferir negativamente na ciclagem de nutrientes e na integridade ecológica do ambiente, esses assuntos devem ser mais discutidos para que a legislação se alinhe com a conservação ambiental e experimentação científica.

22. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELHO, M. From Litterfall to Breakdown in Streams: A Review. **The Scientific World**, New York, v. 1 p., 656-680. 2001.

ABRIL, M.; MUÑOZ, I.; CASAS-RUIZ, J. P.; GÓMEZ-GENER, L.; BARCELÓ, M.; OLIVA, F.; MENÉNDEZ, M. Effects of water flow regulation on ecosystem functioning in a Mediterranean river network assessed by wood decomposition. **Science of the Total Environment**. Amsterdam, v. 517, n. 1, p. 57–65, jun., 2015.

ADUAN, R. E.; VILELA, M. F.; KLINK, C. A. **Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres – O caso do Cerrado Brasileiro**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003. 30 p. (Documentos, 105).

AFONSO, A. A. O.; HENRY, R.; RODELLA, R. C. S. M. Allochthonous Matter Input in Two Different Stretches of a Headstream (Itatinga, São Paulo, Brazil). **Brazilian archives biology technology**. Curitiba. v. 43, n. 3, 2000.

ALVIM, E. A. C. C. **Influência da qualidade do detrito foliar no processo de decomposição em um córrego de altitude da Serra do Cipó – MG**. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

ANDRADE, C. A.; OLIVEIRA, C.; CERRI, C.C. Qualidade da matéria orgânica e estoques de carbono e nitrogênio em latossolo tratado com biossólido e cultivado com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 803-816, 2005.

ANDRADE, E. A.; HIGUCHI, N. Produtividade de quatro espécies arbóreas de Terra Firme da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v. 39, n.1, p.105 – 112, 2009.

APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**. London, v. 161, n. 2, p. 105-121. 2009.

APONTE, C.; GARCIA, L. V.; MARAÑÓN, T.; GARDES, M. Indirect host effect on ectomycorrhizal fungi: Leaf fall and litter quality explain changes in fungal communities on the roots of co-occurring Mediterranean oaks. **Soil Biology & Biochemistry**. Doetinchem, v. 42, p.788-796, 2010.

ÁRAGON, R.; MONTTI, L.; AYUP, M. M.; FERNÁNDEZ, R. Exotic species as modifiers of ecosystem processes: Litter decomposition in native and invaded secondary forests of NW Argentina. **Acta Oecologica**. Paris, v. 54, p. 21 e 28, 2014.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de áreas degradada em Viçosa - MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.5, p.715-721, 2003.

ÁRDON, M.; PRINGLE, C. M. Do secondary compounds inhibit microbial- and insect-mediated leaf breakdown in a tropical rainforest stream, Costa Rica? **Oecologia**. Berlin, v. 155, n. 2, p. 311 – 323, 2008.

BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; FERREIRA, L. V.; PERES, C. A. Litterfall and decomposition in primary, secondary and plantation forests in the Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v. 247, p. 91-97, 2007.

BATTILANI, J. L.; SANTIAGO, E. T.; SCREMIN-DIAS, E. Morfologia dos diáporos, germinação e desenvolvimento das fases juvenis de *Adelia membranifolia* (MÜLL. ARG.) PAX & K. HOFFM. (EUPHORBIACEAE). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 77-87, jan.-mar., 2013.

BEGON, M.; TOWNSEND, C. R. H.; JOHN, L.; COLIN, R. T.; JOHN, L. H. **Ecology: From Individuals to Ecosystems**, 4 ed. Oxford/UK: Blackwell, 2006. 752 p.

BENFIELD, E. F. Decomposition of leaf material. In: HAUER, F. R.; LAMBERTI, G. A. **Methods in stream ecology**. 2. ed. San Diego, Academic Press, 2007. p. 711-718.

BERE, T.; TUNDISI, J. G. Influence of ionic strength and conductivity on benthic diatom communities in a tropical river (Monjolinho) São Carlos – SP. **Hydrobiologia**, v. 661, p. 261–276, 2011.

BERG, B., MCCLAUGHERTY, C. **Plant litter decomposition, humus formation, carbon sequestration**, 3 ed. Springer. 2014.

BEZERRA, F. A. **Variação temporal da decomposição de detritos foliares em córregos de cabeceira no cerrado**. 2012. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

BILBY, R. E.; HEFFNER, J. T. Factors influencing litter delivery to streams. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam. v. 369, p. 29-37, 2016.

BITAR, A. L.; ANTONIO, R. M.; BIANCHINI JÚNIOR, I. Degradação anaeróbica de folhas e galhos, cascas e serapilheira. **Acta Limnológica Brasiliensia**, Botucatu - SP, v. 14, n. 2, p. 7-26, 2002.

BRASIL. **Lei nº 12651 de 25 de maio de 2012**. Institui o novo Código Florestal. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da República. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 04 de janeiro de 2015.

BRASIL. **Resolução CONAMA n. 357, de 17 de Março de 2005**. Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicada no **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 053, de 18/03/2005, p. 58-63, mar. 2005.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field & laboratory methods for general ecology**. 2 ed. Boston: W.C. Brown Publishers, 226 p. 1984.

BUDZIAK, C. R.; MAIA, C. M. B. F.; MANGRICH, A. S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 3, p.399-403, 2004.

CALDEIRA, M. V. W; MARQUES, R.; SOARES, R. V.; BALBINOT, R. Quantificação de nutrientes - Floresta Ombrófila Mista Montana - Paraná. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-116, abr./jun. 2007.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; MARTINS, S. V.; SOARES, C. P. B. Caracterização hidroambiental da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 249-256, 2006.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S.V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CASOTTI, C. G.; KIFFER JUNIOR, W. P.; COSTA, L. C.; RANGEL, J. V.; CASAGRANDE, L. C.; MORETTI, M. S. Assessing the importance of riparian zones conservation for leaf decomposition in streams. **Natureza & Conservação**. Curitiba, v. 13, n. 2, p.178–182, 2015.

CHABOT, B. F.; HICKS, D. J. The ecology of leaf life spans. **Annual Review of Ecology and Systematics**. v. 13, p. 229-259, 1982.

CHEN, C.; WU, S.; MEURK, C. D.; MA, M., ZHAO J.; LV, M.; TONG, X. Effects of local and landscape factors on exotic vegetation in the riparian zone of a regulated river: Implications for reservoir conservation. **Landscape and Urban Planning**, v. 157, p. 45–55, 2017.

CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. Produção de serapilheira e decomposição do material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luiz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**. Porto Alegre, v. 20, n.1, p. 49-59, 2006.

CIZUNGU, L.; STAELENS, J.; HUYGENS, D.; WALANGULULU, J.; MUHINDO, D.; CLEEMPUT, O. V.; BOECKX, P. Litterfall and leaf litter decomposition in a central African

tropical mountain forest and Eucalyptus plantation. **Forest Ecology and Management**. Amsterdam, v. 326, p.109–116, 2014.

COLUSSI, J.; PRESTES, N. P. Frugivoria realizada por aves em *Myrciaria trunciflora* (Mart) O. Berg. (Myrtaceae), *Eugenia uniflora* L. (Myrtaceae) e *Ilex paraguariensis* St. Hil. no norte do estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ornitologia**. São Paulo, v.19, n. 1, p. 48-55, 2011.

COSTA, G. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CUNHA, G. M. Decomposição e liberação de nutrientes das serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte Fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.563-570, 2005.

DHAR, A.; PARROTT, L.; HECKBERT, S. Consequences of mountain pine beetle outbreak on forest ecosystem services in western Canada. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 57, n.S2, p. 30-39, 2000.

DIGGLE, P.J.; HEAGERTY, P.J.; LIANG, K.Y.; ZEGER, S.L. (2002). **Analysis of Longitudinal Data**. (2nd edition). Oxford: Oxford University Press.

DISLICH, R.; CERSÓSIMO, L.; MANTOVANI, W. Análise da estrutura de fragmentos florestais no Planalto Paulistano – SP. **Revista Brasileira Botanica** São Paulo, v. 24, n. 3, p. 321-332, set. 2001.

DURIGAN, G.; ENGEL, V. L.; TOREZAN, J. M.; MELO, A. C. G.; MARQUES, M. C. M.; MARTINS, S. V.; REIS, A.; SCARANO, F. R. Normas jurídicas para a restauração ecológica: Uma barreira a mais para a dificultar o êxito das iniciativas?. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.34, n.3, p.471-485, 2010

FAVORETTO, C. M. **Caracterização da matéria orgânica humificada de um latossolo vermelho distrófico através da espectroscopia de fluorescência induzida por laser**. 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado em Química aplicada) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2007.

FERRAZ, A. V.; POGGIANI, F. Biomassa, nutrientes e metais pesados em raízes de eucalipto adubados com diferentes lodos de esgoto. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 2, p. 311-320, abr./jun. 2014.

FERREIRA, M. L.; SILVA, J. L.; PEREIRA, E. E.; LAMANO-FERREIRA, A. P. N. Litter fall production and decomposition in a fragment of secondary atlantic Forest of São Paulo, SP, southeastern Brazil. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n. 4, p. 591-600, 2014.

FERREIRA, V.; LARRAÑAGA, A.; GULIS, V.; BASAGUREN, A.; ELOSEGI, A.; GRAÇA, M. A. S.; POZO, J. The effects of eucalypt plantations on plant litter decomposition and macroinvertebrate communities in Iberian streams. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 335, p. 129-138, 2015.

- FRANÇA, J. S.; GREGÓRIO, R. S.; PAULA J. D.; GONÇALVES-JÚNIOR, J. F.; FERREIRA, F. A.; CALLISTO, M. Composition and dynamics of allochthonous organic matter inputs and benthic stock in a Brazilian stream. **Marine and Freshwater Research**, Melbourne, v. 60, p. 990-998, 2009.
- FUREY, C.; TECCO, P.A.; PEREZ-HARGUINDEGUY, N.; GEORGIS, M. A.; GROSSI, M. The importance of native and exotic plant identity and dominance on decomposition patterns in mountain woodlands of central Argentina. **Ecosystem Impacts of Invasive Species**. v. 54, p.13–20, Jan, 2014.
- GARCÍA-PALACIOS, P.; MAESTRE, F.T.; KATTGE, J.; WALL, D.H. Climate and litter quality differently modulate the effects of soil fauna on litter decomposition across biomes. **Ecology Letters**, v.16, p.1045–1053.
- GBUR, E. E.; WALTER, W. S. **Analysis of Generalized Linear Mixed Models in the Agricultural and Natural Resources Science**. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Crop Science Society of America. Madson, Winconsin-USA. 283 p., 2012.
- GIMENES, K. Z.; CUNHA-SANTINO, M. B.; BIANCHINI JUNIOR, I. Decomposição de matéria orgânica alóctone e autóctone em ecossistemas aquáticos. **Oecologia Australis**, Heidelberg, v. 14, n. 4, p. 1075-1112, 2010.
- GONÇALVES JÚNIOR, J. F.; REZENDE, R. S.; GREGÓRIO, R. S.; VALENTIN, G. C. Relationship between dynamics of litterfall and riparian plant species in a tropical stream. **Limnologica**. Muenchen, v. 44, p. 40–48, jan. 2014.
- GONÇALVES JÚNIOR, J.F.; CALLISTO, M. Organic-matter dynamics in the riparian zone of a tropical headwater stream in Southern Brasil. **Aquatic botany**. Amsterdam. v. 109, p. 8-13, ago. 2013.
- GONÇALVES JÚNIOR, J.F.; FRANÇA, J. F.; CALLISTO, M. Dynamics of Allochthonous Organic Matter in a Tropical Brazilian Headstream. **Brazilian Archives Biology Technology**, Curitiba. v.49, n. 6, p. 967-973, Nov. 2006.
- GONZÁLEZ, M. E.; VEBLEN, T. T.; DONOSO, C.; VALERIA, L. Tree regeneration responses in low land *Nothofagus* dominated forest after bamboo dieback in South-Central Chile. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 161, p.59-73, 2002.
- GRAÇA, M. A. S.; CANHOTO, C. **Leaf litter processing in low order streams**. Limnetica, Bilbao, v. 25, n.1, p. 1-10, 2006.
- GRAÇA, M. A. S.; CRESSA, C. Leaf Quality of Some Tropical and Temperate Tree Species as Food Resource for Stream Shredders. **International Review of Hidrobiologia**, Weinheim, v. 95, n. 1, p. 27-41, 2010.

- GREGGIO, T. C.; PISARRA, T. C. T.; RODRIGUES, F. M. **Avaliação dos fragmentos florestais do município de Jaboticabal- SP. R. Árvore, Viçosa-MG, v.33, n.1, p.117-124, 2009.**
- GUESSNER, M. O.; SWAN, C. M.; DANG, C. K.; MCKIE, B. G.; BARDGETT, R. D.; WALL, D. H.; HATTENSCHWILLER, S. Diversity meets decomposition. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 25, n. 6, p. 372– 380, jun., 2010.
- GUREVITCH, J.; SCHEINER, S. M.; FOX, G. A. **Ecologia Vegetal**, 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 592 p.
- HLADYZ, S.; GESSNER, M. O.; GILLER, P. S.; POZO, J.; WOODWARD, G. Resource quality and stoichiometric constraints on stream ecosystem functioning. **Freshwater Biology**, v.54, p. 957–970, 2009.
- HEPP, L. U.; DELANORA, R.; TREVISAN, A. Compostos secundários durante a decomposição foliar de espécies arbóreas em um riacho do sul do Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, Porto Alegre, v. 23, n.2, p.407-413. 2009.
- HOORENS, B., AERTS, R., & STROETENGA, M. Does initial litter chemistry explain litter mixture effects on decomposition. **Oecologia**, v. 137, p. 578–586, 2003.
- IVANAUSKAS, N. M.; RODRIGUES, R. R. Florística e fitossociologia de remanescentes de floresta estacional decidual em Piracicaba, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 291-304, set. 2000.
- IVANAUSKAS, N. M.; RODRIGUES, R. R.; NAVE, A. G. Fitossociologia de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, n. 56, p. 83-99, dez. 1999.
- JIANG, Y.; YIN, X.; WANG, F. The influence of litter mixing on decomposition and soil fauna assemblages in a Pinus koraiensis mixed broad-leaved forest of the Changbai Mountains, China. **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v. 55, p. 28 – 39, março/abril, 2013.
- KUEHN, K. A. Lentic and lotic habitats as templates for fungal communities: traits, adaptations, and their significance to litter decomposition within freshwater ecosystems. **Fungal ecology**, v. 19, p. 135 e154, 2016.
- LAIRD, D. A.; CHAPPELL, M. A.; MARTENS, D. A.; WERSHAW, R. L.; THOMPSON, M. Distinguishing black carbon from biogenic humic substances in soil clay fractions. **Geoderma**, Amsterdam, v. 143, p.115-122, 2008.
- LECERF, A. G.; MARIE, G.; KOMINOSKI, J. S.; LEROY, C. J.; BERNADET, C.; SWAN, C. M. Incubation time, functional litter diversity, and habitat characteristics predict litter-mixing effects on decomposition. **Ecology**, Hoboken, v. 92, n. 1, p. 160 – 169, 2011.

LEITE, L.F.C.; FERREIRA, J. S.; VELOSO, M. E. da C.; MOUSINHO, F. E. P.; ROCHA JÚNIOR, A. F. Variabilidade espacial das frações da matéria orgânica do solo em área degradada sob recuperação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.394–401, 2015.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicado ao manejo de bacias hidrográficas**. 2 ed. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciências Florestais. 2008. 245 p.

LIMA, W. P. L.; ZAKIA, M.J.B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2001. p.109-123.

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

LISBOA, L. K. **Dinâmica da vegetação ripária em riachos de Mata Atlântica subtropical: composição da matéria orgânica alóctone e interação com invertebrados aquáticos**. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

MAGURRAN, A.E. **Measuring biological diversity**. Oxford, WileyBlackwell, 2004.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p.171-181, 2015.

MASESE, F. O.; KITAKA, N.; KIPKEMBOI, J.; GETTEL, G. M.; IRVINE, K.; MCCLAIN, M. E. Litter processing and shredder distribution as indicators of riparian and catchment influences on ecological health of tropical streams. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 46, p. 23-37, 2014.

MELILO, J. M.; ABER, J. D.; MURATORE, J. F. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. **Ecology**, v. 63, n. 3, p. 621-626, jun., 1982.

MELLONI, R.; PEREIRA, E.; TRANNIN, C. B.; SANTOS, D. R.; MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, S. O. Características biológicas de solo sob mata ciliar e campo cerrado no sul de minas gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.1, p.7-13, jan./fev., 2001

MENEZES, C. E. G.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; ANJOS, L. H. C.; PAULA, R. R.; SOUZA, M. E. Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 439-452, jul./set. 2010.

MINSHALL, G. W.; RUGENSKI, A. Riparian processes and interactions. In: HAUER, F. R.; LAMBERTI, G. A. **Methods in Stream Ecology**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2007. p. 721-742.

MITRE, S. K. **Decomposição de detritos foliares alóctones e dinâmica de nutrientes em sistema lótico no Cerrado**. 2011. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2011.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAUJO, E. L.; AMORIN, E. L. C. **Taninos: Uma abordagem da química à ecologia**. Química Nova, São Paulo, v. 28, n. 5, p. 892-896, 2005.

MORETTI, M. S. **Decomposição de detritos foliares e sua colonização por invertebrados aquáticos em dois córregos na Cadeia do Espinhaço (MG)**. 2005. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia/Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

NARDINI, R. C.; POLLO, R. A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X.; CARDOSO, L. G.; GOMES, L. N. Análise morfométrica e simulação das áreas de preservação permanente de uma microbacia hidrográfica. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 687-699, out -dez, 2013.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. (1972). **Generalized linear models**. Journal of the Royal Statistical Society Series A, 135 (3): 370–384. doi:10.2307/2344614.

NGAO, J.; BERNHARD-REVERSAT, F.; LOUMETO, J. Changes in eucalypt litter quality during the first three months of field decomposition in a Congolese plantation. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 42, n. 3, p. 191-199, jul., 2009.

NIU, S. Q.; DUDGEON, D. The influence of flow and season upon leaf-litter breakdown in monsoonal Hong Kong streams. **Hydrobiologia**, The Hague, v. 663, p. 205-215, 2011.

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. (Eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2001. p.109-123.

PASCOTTO, M. C. Avifauna dispersora de sementes de Alchornea glandulosa (Euphorbiaceae) em uma área de mata ciliar no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ornitologia**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 291-296 setembro de 2006.

PEREIRA-SILVA, E. F. L.; PIRES, J. S. R.; HARDT, E.; SANTOS, J. E.; FERREIRA, W. A. Avaliação da qualidade da água em microbacias hidrográficas de uma Unidade de Conservação do Nordeste do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 371-381, jul./set. 2011.

PEREIRA, G. H. A.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; AMORIN, T. A.; MENEZES, C. E. G. Decomposição da serapilheira, diversidade e funcionalidade de invertebrados do solo em

um fragmento de floresta atlântica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 5, p. 1317-1327, Sept. /Oct. 2013

PINHEIRO, R. A.; FISCH, S. T. V.; ALMEIDA, A. A cobertura vegetal e as características do solo em área de extração de areia. **Revista de Biociências**, v.10, n.3, p.103-110, 2004.

PORTELA, R. C. Q.; SANTOS, F. A. M. Produção e espessura da serapilheira na borda e interior de fragmentos florestais de Mata Atlântica de diferentes tamanhos. **Revista Brasil. Bot.**, V.30, n.2, p.271-280, abr.-jun. 2007.

QUESTED, H. M.; PRESS, M. C.; CALLAGHAN, T. V.; CORNELISSEN, J. H. C. The hemiparasitic angiosperm *Bartsia alpina* has the potential to accelerate decomposition in sub-arctic communities. **Oecologia**, v.130, n.1, p.88-95, 2002.

RAMOS, V. S.; DURIGAN, G.; FRANCO, G. A. D. C.; SIQUEIRA, M. F.; RODRIGUES, R. R. **Árvores da Floresta Estacional Semidecidual: Guia de identificação**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Biota/FAPESP. 2007. 320p.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia – Base para distinção de ambientes**, 5 ed. Lavras: Editora UFLA, 2007. 322 p.

RICKLEFS, R. E. **A Economia da Natureza**, 6 ed. New York: W. H. Freeman and Company, 2011. 547 p.

RICKLEFS, R. E.; MILLER, G. L. **Ecology**, 4 ed. New York: W. H. Freeman and Company, 2000. 822 p.

ROMAGNOLO, M. B.; SOUZA, M. C. Os gêneros *Calycorectes* O. Berg, *Hexachlamys* O. Berg, *Myrcianthes* O. Berg, *Myrciaria* O. Berg e *Plinia* L. (Myrtaceae) na planície alagável do alto rio Paraná, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**. Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 613-627. 2004.

RUEDA-DELGADO, G.; WANTZEN, K. M.; TOLOSA, M. B. Leaf-litter decomposition in an Amazonian floodplain stream: effects of seasonal hydrological changes. **Journal of the North American Benthological Society**. Chicago, v. 25, n. 1, p. 233-249, 2006.

RUIZ, H. M.; GESSNER M. G. Contribution of stream detritivores, fungi and bacteria to leaf breakdown based on biomass estimates. **Ecology**, Washington, v. 83, n. 4, p. 1026-1038, 2002.

SALEMI, L. F.; GROppo, J. D.; TREVISAN, R.; MORAES, J. M.; LIMA, W. P.; MARTINELLI, L. A. Riparian vegetation and water yield: a synthesis. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 454/455, p. 195-202, 2012.

SANTOS, C. M. R.; FERREIRA, A. G.; ÁQUILA, M. E. A. Características de frutos e germinação de sementes de seis espécies de Myrtaceae nativas do Rio grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 13-20, 2004.

SANTOS, K.; KINOSHITA, L. S. Flora arbustivo-arbórea do fragmento de floresta estacional semidecidual do ribeirão cachoeira, município de Campinas, SP. **Acta Botanica brasílica** São Paulo. v. 17, n. 3, p. 325-341, 2003.

SÃO PAULO. Companhia de tecnologia de saneamento ambiental (CETESB), 2008.

Qualidade das águas no interior do estado paulista, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf>>. Acesso em: 09 de janeiro de 2014.

SARTORI, M. S.; POGGIANI, F.; ENGEL, V. L. Regeneração da vegetação arbórea nativa no sub-bosque de um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith. localizado no estado de São Paulo. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 86-103, dez. 2002.

SARTORI, R. A.; CARVALHO, D. A.; VAN DEN BERG, E.; SÁ, J. J. G.; MARQUES, M.; SANTOS, R. M. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta estacional semidecidual montana em Socorro, SP. **Rodriguésia**. Rio de Janeiro, v. 66, n. 1, p. 33-49, 2015.

SCHWENDENMANN, L.; VELDKAMP, E. The Role of Dissolved Organic Carbon, Dissolved Organic Nitrogen, and Dissolved Inorganic Nitrogen in a Tropical Wet Forest Ecosystem. **Ecosystems**, New York, v. 8, n. 4, p.339 – 351, 2005.

SCORIZA, R. N. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. **Floresta e Ambiente**, v.2, n.2, p. 01 - 18, 2012.

SETTE JUNIOR, C. R.; TOMAZELLO FILHO, M.; DIAS, C. T. S.; LACLAU, J. P. Crescimento em diâmetro do tronco das árvores de *Eucalyptus grandis* W. Hill. ex. Maiden e relação com as variáveis climáticas e fertilização mineral. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 6, nov./dez. 2010.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**. Manaus, v. 38, n. 4, p. 733 – 742, 2008.

SILVA, C. J.; LOBO, F. A.; BLEICH, M. E.; SANCHES, L. Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 591-600, 2009.

SILVA, L. Á.; SOARES, J. J. Composição florística de um fragmento de floresta estacional semidecídua no município de São Carlos-SP. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 27, n. 5, p. 647-656, 2003.

SILVA, P. P. V. **Sistema agroflorestais para recuperação de mata ciliares em Piracicaba, SP.** 2002. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

SOUSA, M. L. M.; NASCIMENTO, F. R. Estudos geoambientais de bacias hidrográficas em áreas suscetíveis à desertificação no Nordeste do Brasil. **Cuadernos de Geografia - Revista Colombiana de Geografia**. Bogotá. v. 24, n.1, ene.-jun., 2015.

SOUZA, A. D. G.; TUNDISI, J. G. Hidrogeochemical comparative study of the Jáú and Jacaré-Guaçu River watersheds, São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos v. 60, n.4, nov., 2000.

TABARELLI, M., VILLANI, J.P., MANTOVANI, W. Aspectos da sucessão secundária em trecho de floresta atlântica no Parque Estadual da Serra do Mar, SP. **Revista do Instituto Florestal**. São Paulo, v. 5, n. 1, p.99-112, 1993.

TERESA, F. B.; CASATTI, L. Importância da vegetação ripária em região intensamente desmatada no sudeste do Brasil: um estudo com peixes de riacho. **Pan-American Journal of Aquatic Sciences**, Rio Grande, v. 5, n. 3, p. 444-453, 2010.

TERROR, V. L.; SOUSA, H. C; KOZOVITS, A. R. Produção, decomposição e qualidade nutricional da serapilheira foliar em uma floresta paludosa de altitude. **Acta Botanica Brasilica**. São Paulo, v. 25, n. 1, p. 113-121, 2011.

TOUMA, B. L.; ENCALADA, A. C.; FORNELLS, N. P. Leaf Litter Dynamics and Its Use by Invertebrates in a High-Altitude Tropical Andean Stream. **International Review of Hydrobiology**, Weinheim, v. 94, n. 4, p. 357-371, 2009.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e Fertilidade do Solo**, 6 ed. Oxford: Blackwel, 2007. 718 p.

VAN DEN BERG, E.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e comparação com outras áreas. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 231-253, set. 2000.

VIEIRA, M.; CALDATO, S. L.; ROSA, S. F.; KANIESKI, M. R.; ARALDI, D. B.; SANTOS, S. R.; SCHUMACHER, M. V. Nutrientes na serapilheira em um fragmento de floresta estacional decidual, Itaara, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 611-619, out.-dez., 2010.

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

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

ZHANG, H.; YUAN, W.; DONG, W.; LIU S. Seasonal patterns of litterfall in forest ecosystem worldwide. **Ecological Complexity**, v.20, n.1, p.240-247, 2014.

WARDLE, D. A.; BONNER, K. I.; NICHOLSON, K. S. Biodiversity and plant litter: experimental evidence which does not support the view that enhanced species richness improves ecosystem function. **Oikos**, v. 79, p.247–258, 1997.

WESTFALL, P. H.; TOBIAS, R. D.; ROM, D.; WOLFINGER, R. D.; HOCHBERG, Y. **Multiple Comparisons and Multiple Tests Using the SAS System**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 1999.

YUE, K.; YANG, W.; PENG, C.; PENG, Y.; ZHANG, C.; HUANG, C.; TAN, Y.; WU, F. Foliar litter decomposition in an alpine forest meta-ecosystem on the eastern Tibetan Plateau. **Science of the Total Environment**. v. 566–567, p. 279–287, 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Caracterização fitossociológica de 3 microbacias e seus estágios sucessionais

Espécies	Tinga				Forquilha				Monjolinho				Estágio sucessional
	N	DR (%)	DoR (%)	FR (%)	N	DR (%)	DoR (%)	FR (%)	N	DR (%)	DoR (%)	FR (%)	
<i>Actinostemon conceptionis</i> (Chodat & Hassl.) Hochr.	-	-	-	-	2	0,86	0,5	0,63	8	3,29	0,33	2,53	St
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	1	0,46	0,81	0,77	1	0,43	0,48	0,63	2	0,82	0,21	1,27	P
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	-	-	-	-	3	1,29	0,36	1,89	-	-	-	-	Si
<i>Amaioua intermedia</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	1	0,46	0,02	0,77	1	0,43	0,19	0,63	-	-	-	-	Si
<i>Annona cacans</i> Warm.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,41	3,37	0,63	St
<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.	1	0,46	0,08	0,77	-	-	-	-	-	-	-	-	Si
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	-	-	-	-	-	-	-	-	5	2,06	0,19	1,9	Si
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) Steud.	2	0,92	0,05	1,54	-	-	-	-	-	-	-	-	P
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	4	1,83	0,62	2,31	-	-	-	-	-	-	-	-	St
<i>Calypttranthes clusiiifolia</i> O.Berg	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1,23	0,69	1,9	Si
<i>Calypttranthes concinna</i> DC.	1	0,46	0,02	0,77	16	6,87	1,35	5,66	2	0,82	0,36	1,27	St
<i>Cariniana</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,82	16	1,27	St
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	-	-	-	-	2	0,86	0,18	1,26	-	-	-	-	Si
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	-	-	-	-	2	0,86	0,11	1,26	-	-	-	-	Si
<i>Casearia</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,41	0,03	0,63	Si
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	6	2,75	1,25	2,31	9	3,86	15,93	4,4	-	-	-	-	P
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,41	0,08	0,63	Si
<i>Clethra scabra</i> Pers.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,41	2,53	0,63	Si
<i>Coccoloba cordata</i> Cham.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,41	0,03	0,63	Nc
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	15	6,88	8,47	5,58	3	1,29	5,41	1,89	2	0,82	2,02	1,27	Si
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,82	2,51	1,27	Si
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	-	-	-	-	-	-	-	-	6	2,47	1,76	3,8	P
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	5	2,29	0,24	2,31	-	-	-	-	2	0,82	0,19	0,63	Si

APÊNDICE A: Caracterização fitossociológica de 3 microbacias e seus estágios sucessionais

Espécies	Tinga				Forquilha				Monjolinho				Estágio sucessional
	N	DR (%)	DoR (%)	FR (%)	N	DR (%)	DoR (%)	FR (%)	N	DR (%)	DoR (%)	FR (%)	
<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	1	0,46	0,47	0,77	1	0,43	0,05	0,63	2	0,82	0,21	1,27	P
<i>Duguetia lanceolata</i> A.St.-Hil.	1	0,46	0,03	0,77	-	-	-	-	1	0,41	0,16	0,63	St
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr.	4	1,83	2,87	2,31	-	-	-	-	-	-	-	-	St
<i>Esenbeckia grandiflora</i> Mart.	-	-	-	-	2	0,86	0,09	1,26	6	2,47	0,35	1,9	St
<i>Eucalyptus saligna</i> Sm.	26	11,93	43,82	6,17	1	0,43	3,53	0,63	3	1,23	24,44	1,27	Ex
<i>Eugenia dodonaeifolia</i> Cambess.	-	-	-	-	1	0,43	0,45	0,63	4	1,65	0,22	2,53	St
<i>Eugenia glazioviana</i> Kiaersk.	-	-	-	-	1	0,43	0,46	0,63	-	-	-	-	Nc
<i>Eugenia longipedunculata</i> Nied.	-	-	-	-	-	-	-	-	7	2,88	0,57	3,16	Si
<i>Eugenia ramboi</i> D.Legrand	-	-	-	-	-	-	-	-	6	2,47	0,36	3,16	St
<i>Eugenia</i> sp.	1	0,46	0,05	0,77	-	-	-	-	-	-	-	-	Si
<i>Eugenia</i> sp. 1	-	-	-	-	3	1,29	0,58	1,89	1	0,41	0,03	0,63	Si
<i>Eugenia</i> sp. 2	-	-	-	-	3	1,29	0,28	1,89	13	5,35	1,13	5,06	Si
<i>Eugenia</i> sp. 3	-	-	-	-	1	0,43	0,08	0,63	-	-	-	-	Si
<i>Eugenia</i> sp. 4	-	-	-	-	4	1,72	0,2	1,89	-	-	-	-	Si
<i>Guapira hirsuta</i> (Choisy) Lundell	-	-	-	-	3	1,29	0,78	1,26	-	-	-	-	St
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	-	-	-	-	1	0,43	0,18	0,63	-	-	-	-	Si
<i>Guatteria sellowiana</i> Schltld.	2	0,92	0,14	1,54	-	-	-	-	-	-	-	-	Nc
<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	16	7,34	3,77	4,62	25	10,73	17,87	5,66	-	-	-	-	Si
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	2	0,92	0,32	1,54	2	0,86	0,67	1,26	-	-	-	-	Si
<i>Handroanthus</i> sp.	-	-	-	-	14	6,01	3,78	4,4	1	0,41	0,04	0,63	Nc
<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	-	-	-	-	1	0,43	0,62	0,63	-	-	-	-	Si
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	1	0,46	0,02	4,67	5	2,15	0,77	1,26	-	-	-	-	Si
<i>Ilex</i> sp.	-	-	-	-	11	4,72	2,12	3,14	3	1,23	0,94	1,27	St
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	2	0,92	0,29	1,54	3	1,29	0,35	1,26	2	0,82	10,65	1,27	Si
<i>Inga marginata</i> Willd.	-	-	-	-	1	0,43	0,06	0,63	4	1,65	0,17	2,53	P

APÊNDICE A: Caracterização fitossociológica de 3 microbacias e seus estágios sucessionais

Espécies	Tinga				Forquilha				Monjolinho				Estágio sucessional
	N	DR (%)	DoR (%)	FR (%)	N	DR (%)	DoR (%)	FR (%)	N	DR (%)	DoR (%)	FR (%)	
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,41	0,07	0,63	P
<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	15	6,88	0,67	6,92	24	10,3	3,01	5,03	66	27,16	4,37	13,29	St
<i>Myrciaria</i> sp.	11	5,05	1,01	4,62	6	2,58	0,68	2,52	-	-	-	-	St
<i>Myroxylon peruiferum</i> L.f.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,41	0,04	0,63	St
<i>Myrsine gardneriana</i> A.DC.	-	-	-	-	5	2,15	0,35	3,14	-	-	-	-	Si
Myrtaceae 1	1	0,46	0,15	0,77	-	-	-	-	1	0,41	0,09	0,63	Nc
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	-	-	-	-	-	-	-	-	7	2,88	2,62	3,8	Si
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0,82	1,3	1,27	Si
<i>Ocotea velloziana</i> (Meisn.) Mez	-	-	-	-	-	-	-	-	5	2,06	5,85	2,53	Si
<i>Pachystroma longifolium</i> (Nees) I.M.Johnst.	-	-	-	-	1	0,43	3,14	0,63	-	-	-	-	Si
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	4	1,83	0,53	3,08	4	1,72	0,93	2,52	-	-	-	-	P
<i>Persea wilddenovii</i> Kosterm.	3	1,38	4,54	2,31	-	-	-	-	-	-	-	-	St
<i>Pilocarpus pauciflorus</i> A. St.-Hil.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,41	0,08	0,63	Nc
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	2	0,92	0,24	1,54	10	4,29	3,35	6,29	1	0,41	3	0,63	P
<i>Prunus</i> sp.	1	0,46	0,19	0,77	-	-	-	-	-	-	-	-	Nc
<i>Psidium sartorianum</i> (O.Berg) Nied.	1	0,46	0,29	0,77	-	-	-	-	-	-	-	-	St
<i>Psidium</i> sp.	1	0,46	0,03	0,77	-	-	-	-	-	-	-	-	Si
<i>Psychotria</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1,23	0,44	1,27	Si
<i>Rapanea</i> sp.	-	-	-	-	1	0,43	0,51	0,63	-	-	-	-	Nc
<i>Rapanea umbellata</i> (Mart.) Mez	-	-	-	-	1	0,43	0,67	0,63	-	-	-	-	Si
<i>Roupala brasiliensis</i> Klotzsch	-	-	-	-	-	-	-	-	5	2,06	0,94	1,9	Si
<i>Roupala montana</i> var. <i>brasiliensis</i> (Klotzsch) K.S.Edwards	-	-	-	-	3	1,29	0,75	1,26	-	-	-	-	Si
<i>Solanum argenteum</i> Dunal	2	0,92	0,06	1,54	1	0,43	0,14	0,63	-	-	-	-	Si
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.	1	0,46	0,03	0,77	-	-	-	-	2	0,82	0,23	0,63	Si

APÊNDICE A: Caracterização fitossociológica de 3 microbacias e seus estágios sucessionais

Espécies	Tinga				Forquilha				Monjolinho				Estágio sucessional
	N	DR (%)	DoR (%)	FR (%)	N	DR (%)	DoR (%)	FR (%)	N	DR (%)	DoR (%)	FR (%)	
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	-	-	-	-	18	7,73	8,84	8,18	4	1,65	1,66	1,9	Si
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	2	0,92	0,55	1,54	9	3,86	8,6	4,4	2	0,82	0,23	1,27	P
<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,41	0,03	0,63	St
<i>Trichilia pallida</i> Sw.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,41	0,02	0,63	St
<i>Vitex megapota mica</i> (Spreng.) Moldenke	-	-	-	-	2	0,86	3,14	1,26	-	-	-	-	St
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1,23	0,11	1,9	Si
<i>Zanthoxylum tingoassuiba</i> A.St.-Hil.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,41	0,04	0,63	Nc
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0,41	0,2	0,63	Si

Onde: N corresponde ao número de indivíduos; DR à densidade relativa; DoR à dominância relativa; FR à frequência relativa.

APÊNDICE B: Características físico-químicas dos cursos d'água durante o período do Verão e Inverno

Parâmetros	INVERNO							VERÃO						
	05/05/15	19/05/15	02/06/15	30/06/15	25/08/15	Média	Desvio Padrão	23/11/15	01/12/15	15/12/15	12/01/16	08/03/16	Média	Desvio Padrão
	7	14	28	56	112			7	14	28	56	112		
TINGA	T (°C)	17	18,1	17,1	16	16,4	0,80	19,6	19,5	21,2	21,4	20,6	20,46	0,88
	PH	4,43	7,02	6,21	5,97	6,28	5,982	6	5,53	5,57	5,75	5,62	5,69	0,19
	Cond. - uS/cm	11,35	13,08	9,48	8,81	12,58	11,06	74,77	37,2	12,46	18,51	11,92	30,97	26,54
	OD (mg/L)	7,9	7,9	7,1	7,5	7,8	7,64	8	7,4	6,23	6,41	6,68	6,94	0,74
	V (L/s)	4,2	3,9	3,9	3,1	4,5	3,928	6,0	6,1	6,7	16,8	8,1	8,74	4,57
	Nitrato (mg L ⁻¹)	0,3	0,30	0,30	0,45	0,54	0,379	0,20	0,00	0,10	6,80	0,43	1,51	2,96
	P (mg L-1)	0,019	0,005	0,006	0,004	0,005	0,008	0,017	0,015	0,014	0,016	0,016	0,02	0,00
FORQUILHA	T (°C)	16	17,8	16,3	14,1	15,6	15,96	19,8	18,7	20,4	21,2	20,2	20,06	0,92
	PH	6,88	6,78	6,51	6,26	6,38	6,562	6,54	6,22	5,91	5,83	5,93	6,09	0,29
	Cond. - uS/cm	25,08	21,55	21,88	22,22	23,12	22,77	21,02	22,12	33,5	31,5	31,3	27,89	5,84
	OD (mg/L)	7,9	9,1	8,6	7,9	9,2	8,54	8,1	7,2	5,84	6,1	6,63	6,77	0,91
	V (L/s)	1,0	0,6	0,8	0,4	1,3	0,827	1,7	1,4	3,2	8,9	4,7	3,98	3,05
	Nitrato (mg L ⁻¹)	0,6	0,45	1,43	1,73	0,74	0,988	1,50	1,70	0,70	0,90	0,43	1,05	0,54
	P (mg L-1)	0,038	0,013	0,018	0,013	0,039	0,024	0,035	0,031	0,028	0,040	0,034	0,03	0,00
MONJOLINHO	T (°C)	16,5	18	16,7	14,4	15,7	16,26	19,7	19,1	20,3	21,4	20,4	20,18	0,86
	PH	6,02	6,2	5,77	5,82	6,03	5,968	6,08	5,81	5,97	5,7	5,75	5,86	0,16
	Cond. - uS/cm	15,05	12,71	21,39	11,67	16,23	15,41	16,65	16,52	22,39	18,96	14,72	17,85	2,95
	OD (mg/L)	7,9	7,6	7	8	7	7,5	8	6,6	5,69	6,36	6,58	6,65	0,84
	V (L/s)	1,9	1,4	1,8	0,9	5,0	2,21	4,6	3,7	6,2	18,2	13,8	9,31	6,37
	Nitrato (mg L ⁻¹)	0,4	1,64	0,45	0,59	1,02	0,809	3,18	0,16	0,20	0,34	0,07	0,79	1,34
	P (mg L-1)	0,050	0,029	0,032	0,033	0,039	0,037	0,063	0,035	0,036	0,041	0,026	0,04	0,01

Onde: T corresponde a temperatura; PH corresponde ao potencial hidrogênio; Cond. corresponde a condutividade, OD corresponde ao oxigênio dissolvido, V corresponde a vazão e P corresponde ao fósforo