

UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

MIRELI MÜLLER

SERAPILHEIRA, CARBONO E NUTRIENTES MINERAIS EM ÁREA DE
REVEGETAÇÃO INDUZIDA NA PLANÍCIE DO RIO ITAJAÍ-AÇU.

BLUMENAU

2011

MIRELI MÜLLER

SERAPILHEIRA, CARBONO E NUTRIENTES MINERAIS EM ÁREA DE
REVEGETAÇÃO INDUZIDA NA PLANÍCIE DO RIO ITAJAÍ-AÇU

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial obrigatório para obtenção do título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Regional de Blumenau.

Área de concentração: Gestão Ambiental.

Equipe de Orientação: Dra. Rosete Pescador (orientadora), Dr. Sidney Luiz Stürmer e Dr. Alexandre Uhlmann.

BLUMENAU

2011

**SERAPILHEIRA, CARBONO E
NUTRIENTES MINERAIS EM ÁREA DE
REVEGETAÇÃO INDUZIDA NA
PLANÍCIE DO RIO ITAJAÍ-AÇU**

por
MIRELI MÜLLER

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade Regional de Blumenau – FURB.



Profa. Dra. Rosete Pescador
Orientadora



Prof. Dr. Adilson Pinheiro
Coordenador

Banca examinadora:



Profa. Dra. Rosete Pescador
Presidente



Prof. Dr. Gilmar Roberto Zaffari
Examinador externo (Epagri)



Profa. Dra. Lucia Sevegnani
Examinadora interna

Blumenau, 25 de fevereiro de 2011

Aos meus pais e irmã pelo apoio e amor incondicional e ao meu “opa” Wigand Müller (*in memoriam*), cujos ensinamentos foram além do que a escola possa ensinar, com carinho e saudades.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Existe uma série de pessoas e instituições sem as quais não teria sido possível a realização deste estudo. Por isso, não posso deixar de agradecer:

Rosete Pescador, orientadora e amiga, pela orientação, paciência e confiança depositada desde o início, por estar sempre presente (mesmo quando distante) e por sempre perguntar se estava tudo bem, procurando ouvir e aconselhar.

Sidney Luiz Stürmer, pela amizade e orientação, empréstimo da peneira de solos, além das contribuições, sugestões e viabilização das análises de solo e nutrientes na serapilheira.

Alexandre Uhlmann, pela amizade, orientação, paciência e inúmeras contribuições, conversas e sugestões valiosas e esclarecedoras.

Lucia Sevegnani e Alexander C. Vibrans pelas sugestões e contribuições na banca de qualificação do projeto de pesquisa.

Capes, pela concessão de bolsa de estudo.

Ao CNPQ, pelo financiamento da pesquisa.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da FURB.

Bunge/SA e bolsistas pela manutenção e monitoramento da Unidade de Pesquisa apoio logístico, risadas e ajuda em campo.

Eduardo Zimmer pelo transporte até a Unidade de Pesquisa, pela amizade, dados sobre as medições e sobrevivências das espécies na Unidade de Pesquisa e ajuda. .

Emanuela Weidlich, pela ajuda em campo e com dados da Unidade de Pesquisa.

Epagri/Ciram pelo fornecimento dos dados meteorológicos.

CEOPS - FURB pelo fornecimento dos dados de níveis fluviométricos e ao Dirceu Severo pela atenção.

Geraldo Moretto pelo auxílio estatístico.

Lucas R. Mariotto pelo auxílio com o diagrama climático.

Bolsistas do laboratório de micropropagação vegetal: Simone Riva, Kelly Almeida, Danieli Schneiders, Djeine K. Correia, Alino Pedro Dada, Dauton Uber e Karoline Heil Soares, pela prestatividade desde que iniciei no laboratório e pela amizade

Marcio Verdi e André Luís de Gasper pela ajuda para início da identificação das folhas das espécies de plantas.

Luiz Henrique Silva pela correção do “abstract”.

Carla Giovana Girardi pelo apoio no início da minha pesquisa.

Colegas e professores do mestrado pela amizade e grande aprendizado.

Minha família, pelo apoio, paciência e amor incondicional em todas as etapas mais importantes da minha vida.

A estes e quem mais possa ter contribuído de alguma forma para esta dissertação, muito obrigada!

“A terra mãe quando fertilizada pela chuva dá vida às plantas que alimentam homens e bestas. Mas aquilo que veio da terra a ela deve retornar, assim como o que veio do ar ao ar voltará. Pois a morte não destrói a matéria, mas somente quebra a união de seus elementos, os quais voltam a se recombinar em outras formas” (Demócrito de Abdera, 460-360 a.C.).

RESUMO

Neste estudo, a produção de serapilheira, sua taxa de decomposição e sua contribuição em carbono e nutrientes minerais ao solo foram mensuradas em área de revegetação induzida em floresta aluvial. A área de estudo situou-se no município de Apiúna, abrangendo uma área de 1.125 m² onde uma Unidade de Pesquisa (UP) com dois modelos de plantio foi instalada em abril de 2006: Unidade de Espaçamento (UE) e Unidade de Vizinhança (UV). As espécies plantadas na UV foram: *Cytharexylum myrianthum* Cham., *Inga marginata* Willd. E *Annona cacans* Warm. Enquanto na UE foram: *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl., *Inga marginata* Willd., *Annona sericea* R. E. Fries, *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Annona cacans* Warm., *Cytharexylum myrianthum* Cham.; *Posoqueria latifolia* (Rudge) Roem. & Schult. e *Cupania vernalis* Cambess. A serapilheira foi coletada mensalmente de maio de 2008 a abril de 2010 na UE e de maio de 2009 a abril de 2010 na UV. Em cada modelo de plantio foram utilizados 15 coletores quadrados de PVC com 0,25 m². A serapilheira foi seca em estufa a 60⁰C e separada em frações – folhas, ramos, estruturas reprodutivas, espécies e miscelânea e sua biomassa foi medida. Carbono e nutrientes foram analisados em amostras de serapilheira e solo. Para avaliar a taxa de decomposição, 30 bolsas de nylon com 10 g de serapilheira coletada bimensalmente foram dispostas na área. A produção total de serapilheira foi de 7,52 t/ha/ano na UV e 6,77 e 8,96 t/ha/ano na Unidade de Espaçamento, no primeiro e no segundo ano, respectivamente. A fração foliar contribuiu mais significativamente no total da massa de serapilheira, seguida por ramos e estruturas reprodutivas. A maior produção de serapilheira na UV ocorreu em novembro (758,2 g) e a menor em setembro (40,11 g). Na Unidade de Espaçamento a maior produção de serapilheira ocorreu em setembro (352,99 e 676,38 g no primeiro e segundo ano, respectivamente), enquanto as menores foram em novembro de 2008 (106,64 g) e outubro de 2009 (104,74 g). As espécies que contribuíram com maiores quantidades de serapilheira foram *Cytharexylum myrianthum*, *Inga marginata*, *Schinus terebinthifolius* e *Salix humboldtiana*. *Salix humboldtiana* é uma espécie representada por alguns indivíduos externos à Unidade de Pesquisa. A taxa média de decomposição foi de 25% na UE e 28% na UV e foi estimado um período de 14 meses para decomposição total do material depositado. Em ordem decrescente de concentração, os nutrientes minerais contidos na serapilheira estiveram distribuídos como segue: N> Ca> K> Mg> P> Fe> Mn> B> Zn> Cu. Carbono representou 42,25 % da serapilheira seca analisada. A transferência anual de nutrientes minerais ao solo, através da

deposição de serapilheira, foi estimada em ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$): 118,91(N); 6,70 (P); 42,23 (K); 114,95 (Ca); 21,14 (Mg); 2,48 (Mn); 2,81 (Fe); 0,35 (Zn); 0,03 (Cu) e 0,50 (B). No solo, as maiores concentrações de nutrientes e carbono foram observadas para a profundidade de 0-10 cm, o que demonstra a importância da serapilheira e da manutenção do carbono no solo. Através deste estudo pode ser vista a importância da serapilheira em floresta aluvial, e a influência de diferentes fatores em sua deposição e decomposição.

Palavras-chave: serapilheira, carbono, nutrientes, floresta aluvial.

ABSTRACT

In this study, litter production, its rate of decomposition and its contribution to soil carbon and mineral nutrients in the soil were measured in a riparian area under revegetation. The study site was located in the municipality of Apiuna, covering an area of 1.125 m², where one Research Unit (RU) with two models of plantings were established on April 2006: Spacing Unit (SU) and Neighbourhood Unit (NU). Species planted in the NU were: *Cytharexylum myrianthum* Cham., *Inga marginata* Willd. and *Annona cacans* Warm. while in the SU plant species were: *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl., *Inga marginata* Willd., *Annona sericea* R. E. Fries, *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Annona cacans* Warm., *Cytharexylum myrianthum* Cham.; *Posoqueria latifolia* (Rudge) Roem. & Schult. and *Cupania vernalis* Cambess. Litter was collected monthly from May 2008 to April 2010 in the SU and from May 2009 to April 2010 in the NU. In each model of planting 15 PVC square collectors of 0,25 m² were used. Litter was dried in oven at 60 °C and separated into fractions – leaf, branches, reproductive structures, species and miscellany and their biomass was measured. Carbon and nutrients were analyzed from litter and soil samples To evaluate the rate of decomposition, 30 nylon bags with 10 g of litter which were collected bimonthly were disposed in the area. Total litter production was 7,52 t/ha/year in the NU and 6,77 t/ha/year and 8,96 t/ha/year in the SU, in the first and second year, respectively. The leaf fraction contributed most significantly to the total mass of litter, followed by branches and reproductive structures. The highest litterfall in NU occurred in November (758,2 g) and the lowest in September (40,11 g). In the SU the highest litterfall occurred in September (352,99 and 676,38 g in the first and second year, respectively), while the lowest was on November 2008 (106,64 g) and October 2009 (104,74 g). The species that contributed with the largest quantities of litter were *Cytharexylum myrianthum*, *Inga marginata*, *Schinus terebinthifolius* and *Salix humboldtiana*. *Salix humboldtiana* is a species that is represented by a few individuals from outside the Research Unit. The average rate of decomposition was 25% in the SU and 28% in the NU and was estimated a period of 14 months for total decomposition of the deposited material. In descending order of concentration, the mineral nutrients contained in litter are distributed as follows: N> Ca> K> Mg> P> Fe> Mn> B> Zn> Cu. Carbon represented 42,25 % of the dry litter analyzed. The annual transfer of mineral nutrients to the soil, through litter fall was estimated at (kg.ha⁻¹): 118,91(N); 6,70 (P); 42,23 (K); 114,95 (Ca);

21,14 (Mg); 2,48 (Mn); 2,81 (Fe); 0,35 (Zn); 0,03 (Cu) and 0,50 (B). In soil, the highest concentrations of nutrients and carbon were observed for the 0-10 cm profundity, which shows the importance of litter in fertility and maintenance of soil carbon. Through this study it might be seen the importance of litter in riparian forest, and the influence of different factors in its deposition and decomposition.

Keywords: litter, carbon, nutrients, riparian forest.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização do município de Apiúna, sendo que o ponto demarcado como RU representa a Localização da UP utilizada neste estudo (STANO, 2007).	40
Figura 2. Aspecto da cobertura vegetal da área em Apiúna antes da implantação da Unidade de Pesquisa e plantio das mudas (POZZOBON, 2009).	41
Figura 3. Implantação da Unidade de Pesquisa em Apiúna em 27 de abril de 2006. Plantio das mudas (POZZOBON, 2009).	42
Figura 4. Unidade de Pesquisa em Apiúna, seis meses após o plantio (POZZOBON, 2009).	42
Figura 5. Unidade de Pesquisa em Apiúna, 26 meses após o plantio (POZZOBON, 2009).	43
Figura 6. Unidade de Pesquisa em Apiúna submetida ao alagamento em abril de 2007 (POZZOBON, 2009).	43
Figura 7. Alagamento na Unidade de Pesquisa em Apiúna, abril de 2007 (POZZOBON, 2009).	44
Figura 8. Unidade de Pesquisa em Apiúna, em 1 de maio de 2008. Foto: Eduardo Zimmer.	44
Figura 9. Interior da Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC em 9 de outubro de 2008. Foto: Eduardo Zimmer.	45
Figura 10. Alagamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC, em 2008. Foto: Eduardo Zimmer... ..	45
Figura 11. Aspecto geral da Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC, em 13 de maio de 2009, onde se observa a estrada de barro paralela à área de revegetação. Foto: Eduardo Zimmer.	46
Figura 12. Unidade de Pesquisa em Apiúna após alagamento, em setembro de 2009. Foto: Mireli Müller.	46
Figura 13. Coletores transportados pela água durante o alagamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna, em setembro de 2010. Foto: Mireli Müller.	47
Figura 14. Aspecto da Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC, em setembro de 2009. Foto: Eduardo Zimmer.	47
Figura 15. Aspecto interno da Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC, em setembro de 2009. Foto: Eduardo Zimmer.	47
Figura 16. Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC, em fevereiro de 2010. Foto: Mireli Müller.	48
Figura 17. Modelo de plantio denominado Unidade de Vizinhança implantado na Unidade de Pesquisa em Apiúna. Onde foi realizado plantio em quincôncios com quatro espécies periféricas (vizinhas) e uma espécie central (alvo). I: <i>Inga marginata</i> ; A: <i>Annona cacans</i> ; C: <i>Cytherexylum myrianthum</i>	49
Figura 18. Modelo de plantio denominado Unidade de espaçamento, implantado na Unidade de Pesquisa em Apiúna. Plantio realizado em módulos constituídos por nove espécies em que 1: <i>Schinus terebinthifolius</i> ; 2: <i>Alchornea glandulosa</i> ; 3: <i>Inga marginata</i> ; 4: <i>Annona sericea</i> ; 5: <i>Cabralea</i>	

<i>canjerana</i> ; 6: <i>Annona cacans</i> ; 7: <i>Cytherexylum myrianthum</i> ; 8: <i>Posoqueria latifolia</i> e 9: <i>Cupania vernalis</i> . (POZZOBON, 2009).....	50
Figura 19. Diagrama climático segundo Walter (1986) construído a partir dos dados de precipitações pluviométricas e temperaturas médias mensais no período de estudo (maio de 2008 a junho de 2010) obtidos através da Epagri/Ciram/Inmet, estação metereológica de Indaial SC. Latitude: 26°54'48", Longitude: 49°16'02". A área negra representa estação fortemente úmida com precipitação pluviométrica superior a 100 mm; a área pontilhada representa estação com relativa seca e a área com listras verticais representa estação relativamente úmida.	51
Figura 20. Distribuição dos poços hídricos na Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC (POZZOBON, 2009).	51
Figura 21. Dois dos 30 coletores (indicados pelas setas) de serapilheira dispostos da Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC. Foto: Mireli Müller.	52
Figura 22. Amostra de serapilheira seca coletada na Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC.....	53
Figura 23. Saco de decomposição contendo 10 g de serapilheira seca.	54
Figura 24. Coletor de serapilheira com sacos de decomposição (indicados pelas setas) amarrados ao suporte de PVC. Foto da Unidade de Pesquisa em Apiúna, em fevereiro de 2010. Foto: Mireli Müller.	54
Figura 25. Produção mensal de serapilheira (g) para as três espécies que apresentaram maior contribuição no valor total de serapilheira para o primeiro ano de estudo na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna.	66
Figura 26. Produção mensal de serapilheira (g) para as três espécies que apresentaram maior contribuição no valor total de serapilheira para o segundo ano de estudo na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna.	67
Figura 27. Produção mensal de serapilheira (g) para as três espécies que apresentaram maior contribuição no valor total de serapilheira para a Unidade de Vizinhança da Unidade de Pesquisa em Apiúna.	68
Figura 28. Variação mensal na massa seca total (g) da serapilheira no período de maio de 2008 a abril de 2010 na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna em conformidade com os totais mensais de precipitação pluviométrica (mm). Dados de precipitação cedidos pela Epagri/Ciram/Inmet, estação Indaial SC. Latitude: 26°54'48", Longitude: 49°16'02".....	69
Figura 29. Variação mensal na massa seca total (g) da serapilheira no período de maio de 2008 a abril de 2010 na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna em conformidade com as temperaturas médias mensais (°C). Dados de temperatura cedidos pela Epagri/Ciram/Inmet, estação Indaial SC. Latitude: 26°54'48", Longitude: 49°16'02".....	69
Figura 30. Variação mensal na massa seca total (g) da serapilheira no período de maio de 2009 a abril de 2010 na Unidade de Vizinhança da Unidade de Pesquisa em Apiúna em conformidade com os totais mensais de precipitação pluviométrica (mm). Dados de precipitação cedidos pela Epagri/Ciram/Inmet, estação Indaial SC. Latitude: 26°54'48", Longitude: 49°16'02".....	70

- Figura 31. Variação mensal na massa seca total (g) da serapilheira no período de maio de 2009 a abril de 2010 na Unidade de Vizinhança da Unidade de Pesquisa em Apiúna em conformidade com as temperaturas médias mensais ($^{\circ}\text{C}$). Dados de temperaturas cedidos pela Epagri/Ciram/Inmet, estação Indaial SC. Latitude: $26^{\circ}54'48''$, Longitude: $49^{\circ}16'02''$ 70
- Figura 32. Variação mensal na massa seca total (g) da serapilheira no período de maio de 2008 a abril de 2010 na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna em conformidade com os níveis médios do lençol freático (m) na Unidade de Pesquisa. 71
- Figura 33. Variação mensal na massa seca total (g) da serapilheira no período de maio de 2009 a abril de 2010 na Unidade de Vizinhança da Unidade de Pesquisa em Apiúna em conformidade com os níveis médios do lençol freático (m) na Unidade de Pesquisa. 71
- Figura 34. Regressão dos dados de quantidade (g) de biomassa remanescente nos sacos de decomposição depositados na U.E. (Unidade de Espaçamento) em função do tempo (meses) ao longo de um ano com intervalos de 2 meses ($p < 0,0001$). 73
- Figura 35. Regressão dos dados de quantidade (g) de biomassa remanescente nos sacos de decomposição depositados na UV (Unidade de Vizinhança) em função do tempo (meses) ao longo de um ano com intervalos de 2 meses ($p < 0,0001$). 73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Lista de nomes científicos, comuns e grupos sucessionais das espécies plantadas na Unidade de Pesquisa em Apiúna	49
Tabela 2. Número de indivíduos por espécie e total, plantados em abril de 2006, vivos e mortos no período de avaliação, percentual de sobrevivência e médias das medidas de diâmetro (cm) e altura (cm) na Unidade de Pesquisa em Apiúna, plantio em espaçamento, período de abril de 2008. (informação verbal)	57
Tabela 3. Número de indivíduos por espécie e total, plantados em abril de 2006, vivos e mortos no período de avaliação, percentual de sobrevivência e médias das medidas de diâmetro (cm) e altura (cm) na Unidade de Pesquisa em Apiúna, plantio em espaçamento, período de abril de 2009 (informação verbal)	58
Tabela 4. Dados de sobrevivência (%) e referentes às medições de diâmetro (cm) e altura (cm) na Unidade de Pesquisa em Apiúna, plantio em vizinhança, período de abril de 2009 (informação verbal)	58
Tabela 5. Parâmetros fluviométricos para o rio Itajaí-Açu em Apiúna – SC, registrados pela estação telemétrica do CEOPS/ FURB, situada a 2.000 m da Unidade de Pesquisa em Apiúna; inundações sofridas pela área (nível fluviométrico acima de 3,12 m) de janeiro de 2008 a junho de 2010.	59
Tabela 6. Massa seca total de serapilheira (g), por fração (espécie, miscelânea, estruturas reprodutivas e ramos) e mês de coleta na Unidade de Pesquisa em Apiúna, modelo de plantio espaçamento, no primeiro ano de coleta, de maio de 2008 a abril de 2009.....	62
Tabela 7. Massa seca total de serapilheira (g), por fração (espécie, miscelânea, estruturas reprodutivas e ramos) e mês de coleta na Unidade de Pesquisa em Apiúna, modelo de plantio espaçamento, no segundo ano de coleta, de maio de 2009 a abril de 2010.	63
Tabela 8. Massa seca total de serapilheira (g), por fração (espécie, miscelânea, estruturas reprodutivas e ramos) e mês de coleta na Unidade de Pesquisa em Apiúna, modelo de plantio vizinhança, no segundo ano de coleta, de maio de 2009 a abril de 2010.	64
Tabela 9. Contribuições percentuais das diferentes frações compostas pelas espécies, ramos, estruturas reprodutivas e miscelânea, no total de serapilheira depositada na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna, em dois anos de coletas.....	65
Tabela 10. Contribuições percentuais das diferentes frações compostas pelas espécies, ramos, estruturas reprodutivas e miscelânea, no total de serapilheira depositada na Unidade de Vizinhança da Unidade de Pesquisa em Apiúna, em um ano de coletas.	65
Tabela 11. Taxas de decomposição obtidas para cada intervalo de dois meses de disposição dos sacos de decomposição nas Unidades de Espaçamento e Vizinhança da Unidade de Pesquisa em ambiente fluvial em Apiúna, SC.....	73
Tabela 12. Taxas de decomposição obtidas para cada intervalo de disposição das bolsas de decomposição nas Unidades de Vizinhança (UV) e Espaçamento (UE) na Unidade de Pesquisa em	

Apiúna, e dados de precipitação total (mm) e temperaturas médias ($^{\circ}\text{C}$) para cada intervalo de tempo correspondente.	74
Tabela 13. Médias mensais e média anual das quantidades de carbono (%) presentes na massa seca das amostras de serapilheira obtidas de maio de 2008 a abril de 2009 na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna – SC.	75
Tabela 14. Médias mensais e anuais das quantidades de nutrientes ($\text{g.Kg}^{-1}\text{MS}$ e $\text{mg.Kg}^{-1}\text{MS}$) de serapilheira, coletada de maio de 2008 a abril de 2009 na Unidade de Espaçamento em Apiúna.	77
Tabela 15. Aporte mensal e anual de macronutrientes (kg.ha^{-1}) estimado para a Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna, de maio de 2008 a abril de 2009.	78
Tabela 16. Aporte mensal e anual de micronutrientes (kg.ha^{-1}) estimado para a Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna, de maio de 2008 a abril de 2009.	78
Tabela 17. Quantidade média de carbono (C em $\text{g.Kg}^{-1}\text{MS}$) e de nitrogênio (N em $\text{g.Kg}^{-1}\text{MS}$) contida na biomassa depositada entre maio de 2008 e abril de 2009 na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC.	78
Tabela 18. Teores de carbono (C) e nutrientes no solo, na Unidade de Pesquisa em Apiúna, em diferentes profundidades.	79

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	9
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	14
1 INTRODUÇÃO	18
2 OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo Geral.....	20
2.2 Objetivos específicos.....	20
3 REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1 As florestas fluviais e sua recuperação.....	21
3.2 A serapilheira	24
3.2.1 Produção de serapilheira	25
3.2.2 Decomposição da serapilheira.....	29
3.3 Carbono	32
3.3.1 Fotossíntese e fixação de carbono pelas plantas.....	32
3.3.2 Fixação de carbono no solo.....	34
3.4 Nutrientes	36
4 MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1 Área de estudo.....	39
4.1.1 Localização da área de estudo	39
4.1.2 Caracterização da área de estudo.....	40
4.1.3 Modelos de plantio	48
4.1.4 Clima, níveis fluviométricos e do lençol freático.....	50
4.2 Análises	52

4.2.1	Quantificação da serapilheira	52
4.2.2	Decomposição da serapilheira.....	53
4.3	Análises de serapilheira.....	55
4.3.1	Determinação dos teores de carbono.....	55
4.3.2	Análise de nutrientes	56
4.4	Análises de carbono e nutrientes no solo	56
4.3	Dados climáticos	56
5	RESULTADOS	57
5.1	Acompanhamento do desenvolvimento das plantas.....	57
5.2	Níveis fluviométricos	58
5.3	Produção de serapilheira total e em frações	60
5.4	Variação temporal de serapilheira.....	61
5.5	Taxa de decomposição da serapilheira.....	71
5.6	Análises químicas da serapilheira	74
5.6.1	Carbono na serapilheira.....	75
5.6.2	Nutrientes minerais na serapilheira	75
5.7	Carbono e nutrientes no solo.....	79
6	DISCUSSÃO	80
6.1	Serapilheira total e suas frações	80
6.2	Variação temporal das quantidades de serapilheira	82
6.3	Taxa de decomposição da serapilheira.....	87
6.4	Nutrientes e carbono na serapilheira	90
6.5	Nutrientes e carbono no solo.....	95
7	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	97
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

1 INTRODUÇÃO

A floresta aluvial é definida como a vegetação florestal situada às margens de cursos d'água, independentemente da área de ocorrência e composição florística (AB'SABER, 2000).

Apesar da importância das florestas fluviais na retenção de agrotóxicos, poluentes e sedimentos, atuação como corredores ecológicos e proteção do solo contra a erosão (MARTINS, 2001), a partir dos processos de ocupação do solo brasileiro, elas têm sido alvo de grande degradação (MARTINS, 2001; RODRIGUES; GANDOLFI, 2000). Neste contexto, o rio Itajaí-Açu, em Santa Catarina, se encontra fortemente alterado, com sua cobertura florestal quase completamente comprometida (CURCIO; UHLMANN; SEVEGNANI; 2006) sendo necessárias ações que visem à recuperação destes ambientes.

A partir de 2001, tendo sido constatada a alta fragmentação e o empobrecimento das florestas fluviais situadas ao longo da bacia do rio Itajaí-Açu, a Universidade Regional de Blumenau – FURB e a EMBRAPA Florestas têm trabalhado de forma a compor uma base de dados, através de pesquisa, para que haja possibilidade de recuperar estas florestas.

Em 2005, a partir de uma série de esforços de pesquisa, firmou-se um convênio de cooperação técnico-científico entre FURB e Bunge Alimentos S. A., através do qual puderam ser estabelecidos viveiros de mudas de espécies florestais e criadas condições de logística para a realização da coleta de sementes na região e instalação de Unidades de Pesquisa.

De uma forma geral, a instalação das Unidades de Pesquisa objetivou analisar quais os modelos de recuperação mais eficientes e possibilitar, através da recuperação das florestas, condições para o incremento do acúmulo de carbono no solo e nas florestas, a fim de contribuir também para a redução das concentrações de carbono na atmosfera.

Considerando que uma das formas de avaliar o sucesso de um processo de recuperação de uma floresta aluvial, é a realização de estudos da quantificação e qualificação de serapilheira ao longo do tempo (MARTINS, 2001; ALVES et al., 2006), decidiu-se utilizá-lo como um dos parâmetros a serem analisados em Unidade de Pesquisa em ambiente fluvial, localizada no município de Apiúna, SC.

A serapilheira é formada por um conjunto de materiais de origem vegetal e animal que são depositados sobre o solo (GOLLEY et al., 1978; GOMES, 2006; MARTINS, 2001) e que, ao serem decompostas, serão uma importante via de transferência de nutrientes (GOMES, 2006, ALVES et al., 2006) e carbono orgânico (CALDEIRA et al., 2002) para o solo.

O carbono que é devolvido ao solo através da decomposição da serapilheira é resultante daquele fixado pelas plantas no processo fotossintético (NUTTO, 2002), o que demonstra a importância das plantas (MARENCO; LOPES, 2005), bem como dos solos (NEIL et al., 1998) no ciclo global do carbono e em seu armazenamento nos ecossistemas terrestres, entre os quais incluem-se as florestas fluviais.

No que se refere a ciclagem de nutrientes, nos ecossistemas de florestas tropicais, os solos altamente intemperizados e pobres em nutrientes, a serapilheira é importante fonte destes, fornecendo-os aos decompositores. Determinar a dinâmica de produção de serapilheira e seu estoque disponível ao longo do tempo é, portanto, importante tarefa em estudos das funções dos ecossistemas terrestres (MARTIUS et al., 2004).

Assim, de acordo com Alves et al. (2006), estudos envolvendo quantificação, qualificação e decomposição de serapilheira são importantes para compreensão do funcionamento dos ecossistemas florestais, sendo ainda considerados indicadores de avaliação ambiental, pelas variações na deposição em função de alterações no ambiente.

Dessa forma, partindo-se de uma proposta maior de recuperação de florestas na bacia do rio Itajaí-Açu, este estudo visou à geração de dados que possibilitem uma melhor compreensão acerca dos processos que envolvem a dinâmica dos nutrientes e do estoque de carbono no solo em uma área em recuperação situada em ambiente fluvial, a partir da análise do solo, produção e decomposição da serapilheira em Unidade de Pesquisa.

Nesta dissertação será apresentada uma revisão de literatura a respeito da floresta aluvial e sua recuperação, produção e decomposição de serapilheira, fotossíntese e fixação de carbono pelas plantas, fixação de carbono no solo e nutrientes, seguidos pela metodologia referente à coleta, quantificação e decomposição de serapilheira, e análise de carbono e nutrientes neste material. Também os métodos utilizados para coleta e análise de carbono e nutrientes no solo. Serão expostos os resultados obtidos e discussão a respeito. Por fim, as conclusões e considerações obtidas a partir deste estudo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Essa dissertação teve como objetivo geral avaliar a importância da deposição da serapilheira na adição de carbono e nutrientes no solo e como indicador ambiental em Unidade de Pesquisa situada em área de revegetação induzida na bacia do rio Itajaí-Açu, SC.

2.2 Objetivos específicos

- 1) Mensurar as quantidades de carbono no solo e na serapilheira, durante dois anos, em área submetida ao processo de recuperação da cobertura arbórea;
- 2) Determinar a taxa de deposição e decomposição de serapilheira e sua relação com fatores ambientais (precipitação, temperatura, nível do lençol freático e inundações);
- 3) Verificar a quantidade de nutrientes minerais presentes na serapilheira depositada na área.
- 4) Verificar a quantidade de nutrientes minerais presentes no solo.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 As florestas fluviais e sua recuperação

A expressão “florestas ciliares” abrange todas as formas vegetacionais vinculadas à beira de rios. Fitoecologicamente define a vegetação florestal situada às margens de cursos d’água, independentemente da área de ocorrência e composição florística. Estas ocorrem em todos os domínios morfoclimáticos e fitogeográficos brasileiros (AB’SABER, 2000).

As florestas ciliares recebem uma série de diferentes denominações, entre as quais podem ser citadas: floresta fluvial, de várzea, floresta/mata/vegetação ciliar, ribeirinha, aluvial, beiradeira, de brejo, de galeria, ripária, entre outras (AB’SABER, 2000; RODRIGUES, 2000; MARTINS, 2001; CURCIO et al., 2007; POZZOBON, 2009). No Brasil, a legislação emprega o termo floresta/ mata ciliar de forma muito genérica, para denominar qualquer formação florestal às margens de cursos d’água, englobando assim as florestas de galeria, de brejo, ripárias, etc. (RODRIGUES, 2000). Neste estudo, utilizou-se a definição adotada pelo IBGE, conforme Veloso et al. (1991) em que utiliza-se o termo floresta aluvial para definir esta formação.

O ambiente ribeirinho é marcado pela grande heterogeneidade de condições ecológicas que condicionam o estabelecimento e sobrevivência das espécies de plantas. Estas espécies apresentam particularidades influenciadas pelo regime de cheias dos rios e pelo nível do lençol freático (RODRIGUES, 2000; MARTINS, 2001).

A oscilação no nível do lençol freático e as elevações do curso d’água influenciam o encharcamento do solo, promovendo diferentes composições em espécies de plantas para áreas com maior ou menor teor de umidade e contribuem para transporte de sementes e serapilheira (RODRIGUES, 2000; MARTINS, 2001). Também atuam na deposição de sedimentos (RODRIGUES, 2000) e conseqüentemente na fertilidade do solo (MARTINS, 2001).

A vegetação ao longo dos cursos d’água e em volta das nascentes reflete a interação de um conjunto de fatores subordinados às condições ambientais ciliares. Estas condições variam conforme as características geológicas, geomorfológicas, climáticas, hidrológicas e

hidrográficas, elementos que definem a paisagem e, deste modo, as condições ecológicas locais (RODRIGUES, 2000).

Conforme Martins (2001) a floresta aluvial pode apresentar grande disparidade fisionômica florística e estrutural, posto que seja influenciada também pela formação florestal em que está inserida.

Rodrigues (2000), considerando a heterogeneidade já exposta, propõe e exemplifica três grupos de formações no ambiente ribeirinho: formação ribeirinha com influência fluvial permanente – se encontra sobre solo permanentemente encharcado; formação ribeirinha com influência fluvial sazonal – sofre influência da água do rio ou lençol freático de forma sazonal; formação ribeirinha sem influência fluvial – está às margens de cursos d'água, mas não é diretamente influenciada pela água do rio ou do lençol freático.

A importância das florestas aluviais está relacionada à sua função de “filtro”, através da retenção de defensivos agrícolas, poluentes e sedimentos que são transportados pelos cursos de água e afetam sua quantidade e qualidade de água. Além disso, atua como corredor ecológico, ligando fragmentos florestais, o que favorece o deslocamento de espécies e fluxo gênico entre as populações e proporciona proteção do solo contra a erosão. (MARTINS, 2001).

O processo de ocupação dos solos brasileiros tornou as matas ciliares alvo de grande degradação (MARTINS, 2001; RODRIGUES; GANDOLFI, 2000). Muitas cidades que foram estabelecidas às margens de rios, eliminando a vegetação, sofreram ou ainda sofrem por isso constantes inundações e com outros problemas ambientais. A urbanização, a construção de hidrelétricas e as atividades agropecuárias também contribuíram para a degradação das matas ciliares (MARTINS, 2001).

Segundo Rodrigues e Gandolfi (2000) a ausência ou ineficiência de um planejamento ambiental prévio para realização e expansão da agricultura brasileira, a torna o principal fator degradante dos ecossistemas ciliares. Porém, outras atividades como a exploração florestal, garimpo, construção de reservatórios, expansão urbana e a poluição industrial também contribuem para este processo de destruição.

De acordo com Barbosa (2000), a drástica redução das florestas fluviais e fragmentação florestal no Brasil têm provocado maior erosão do solo, prejudicado a hidrologia regional, reduzido a biodiversidade e degradado imensas áreas.

Os ambientes fluviais são os que mais sofrem alterações decorrentes das atividades humanas, já que sua posição, dominante em planícies, favorece que recebam alta gama de resíduos e sedimentos, além de terem, em grande parte dos casos, suas florestas

descaracterizadas. Assim, são alteradas as funções ecológicas dos rios, o que acarreta em uma série de prejuízos para os seres humanos e o ambiente de forma geral. Neste contexto, o rio Itajaí, em Santa Catarina, se encontra fortemente alterado, com sua cobertura florestal quase completamente comprometida (CURCIO; UHLMANN; SEVEGNANI; 2006)

Martins (2001) afirma que para preservar as florestas aluviais remanescentes, é necessário que haja uma postura rígida das autoridades competentes e conscientização dos produtores rurais e população em geral sobre a importância da conservação dessas florestas.

Perante o acelerado processo de degradação ambiental, cresce a necessidade da recuperação de áreas degradadas pela ação antrópica, a fim de tentar amenizar os impactos negativos da degradação na qualidade de vida da população. Porém, o ideal seria que não houvesse a necessidade de recuperação, se as atividades humanas se adequassem ao ambiente de modo a não comprometer sua qualidade (MARTINS, 2001).

Através de maior conscientização social e exigência legal, a partir dos anos 90, houve acréscimo nas ações de restauração de áreas degradadas, principalmente em áreas ciliares. (KAGEYAMA; GANDARA, 2000).

Recuperar áreas degradadas trata-se, portanto, de uma tentativa limitada de remediar um dano conseqüente do uso incorreto do solo e do ambiente, dano este, que muitas vezes poderia ter sido evitado (RODRIGUES; GANDOLFI, 2000).

A recuperação e reflorestamento de ambientes degradados ainda são atividades pouco desenvolvidas, mesmo em países que já sofreram altos impactos pela ação antrópica. A recuperação de ecossistemas é uma atividade que compete por recursos e atenção da comunidade científica com políticas de prevenção e conservação. Nos países tropicais em desenvolvimento a situação é ainda mais crítica devido a maior deficiência em conhecimentos comparando-se às regiões temperadas. Além disso, estes países possuem recursos limitados para serem aplicados em ações de proteção e recuperação de ecossistemas (FONSECA; DRUMMOND, 2003).

Pesquisadores têm se dedicado à recuperação de áreas degradadas, com objetivo de formar uma floresta o mais semelhante possível à original. Entre importantes questões que têm sido consideradas nos modelos de recuperação, estão a diversidade de espécies, a regeneração natural, e as interações entre plantas e animais (KAGEYAMA; GANDARA, 2000). O avanço nas pesquisas e projetos voltados à recuperação das florestas aluviais tem contado com apoio de grandes empresas. Percebe-se que ainda há muito que fazer, tendo em vista a quantidade e diversidade de áreas e processos de degradação (MARTINS, 2001).

A Lei 4771/1965, que instituiu o novo Código Florestal, em seu artigo 2.º, a, considera a vegetação natural situada ao longo dos rios ou cursos d'água como Área de Preservação Permanente (APP) (BRASIL, 2008).

É necessário emprego de técnicas adequadas para implantar, recompor ou realizar manejo em florestas aluviais. A definição dessas técnicas ocorre geralmente em função de diagnóstico das condições locais e uso de conhecimento científico existente, ações que contribuirão para definir as espécies e métodos envolvidos na implantação dos modelos mais adequados de recuperação. Os modelos de recuperação implicam em levantamentos prévios florísticos e fitossociológicos, conhecimento a respeito das características e comportamento ecofisiológico das espécies utilizadas, aspectos sucessionais, entre outros que propiciem a auto-renovação da floresta implantada (BARBOSA, 2000).

Diversos autores como Kageyama e Gandara (2000), Joly et al. (2000), Barbosa (2000) e Martins (2001), apresentam aspectos a serem considerados para recuperação de florestas aluviais, bem como diversos modelos a serem utilizados para este objetivo.

A restauração das florestas aluviais, inicialmente tinha como objetivos, recuperar as funções de proteção do solo e da água e restabelecer a diversidade biológica e os processos ecológicos do ecossistema original. Uma nova demanda no que diz respeito às pesquisas relacionadas à recuperação dessas florestas, também atribui à elas a função de fixação do carbono atmosférico, contribuindo para a redução do efeito estufa (MELO; DURIGAN, 2006).

Existem diversos indicadores que podem ser utilizados para avaliar a recuperação e sustentabilidade de projetos de restauração, entre os quais podem ser citados: banco de sementes, produção de serapilheira, abertura do dossel, regeneração natural, chuva de sementes, entre outros (MARTINS, 2001).

Tendo em vista a importância das florestas aluviais e sua recuperação, bem como do acompanhamento e avaliação do processo de seu desenvolvimento, a serapilheira foi o indicador escolhido para análise neste estudo, sendo que sua deposição, decomposição e os nutrientes disponíveis, são de extrema relevância na dinâmica de um ecossistema florestal.

3.2 A serapilheira

3.2.1 Produção de serapilheira

Para a manutenção da vida dentro de uma floresta, existe uma série de importantes fatores que estão intimamente relacionados e que permitem que, de forma contínua, os recursos essenciais para os seres vivos sejam fornecidos, captados, utilizados, descartados e transformados. A partir destes elementos, constitui-se a dinâmica e estrutura das comunidades de plantas.

Como recursos essenciais à vida das plantas podem ser citados os nutrientes minerais, a água, oxigênio, gás carbônico e a luz solar. Assim, alguns dos principais fatores que influenciam na dinâmica destes recursos nos ecossistemas são o clima (temperatura, precipitação), o solo (tipo de solo) e a interação com outros organismos.

Grande parte dos recursos que as plantas utilizam, são obtidos do solo (nutrientes minerais e água) através das raízes, e a forma com que ocorre a entrada e saída de material neste meio (dinâmica do solo) é um fator determinante para definir suas propriedades químicas e físicas.

Assim, a dinâmica do solo de uma floresta depende de forma significativa da dinâmica da serapilheira, o que inclui desde sua deposição até sua saída do sistema ou decomposição.

Entende-se por serapilheira ou *litter* como sendo todo o material composto por folhas, caules, ramos, frutos, flores e outras partes da planta, bem como restos de animais e material fecal que são depositados sobre o solo. (GOLLEY et al., 1978; GOMES, 2006; MARTINS, 2001).

Facelli e Picket (1991), em seu estudo, restringiram o material definido como serapilheira a todo material vegetal morto de pequeno porte solto no chão, excluindo-se, portanto os troncos e ramos de grande porte. Conforme os autores, para cada estudo a ser realizado, o material compreendido como serapilheira pode sofrer inclusões ou exclusões de componentes, conforme os objetivos propostos.

Este conjunto de materiais depositados sobre o solo influencia nas condições ambientais do mesmo, criando sombreamento, proporcionando a interceptação das gotas de chuva, modificando a estrutura da superfície e afetando a transferência de água, calor e gases entre o solo e a atmosfera (FACELLI; PICKET, 1991).

A serapilheira interfere na estrutura da comunidade de plantas, estimulando ou inibindo a germinação de sementes, no estabelecimento de plântulas, e afetando a disponibilidade de recursos e outros componentes bióticos (FACELLI; PICKETT, 1991). Ou

seja, a presença da serapilheira influencia no fornecimento e disponibilidade de recursos essenciais às plantas como os nutrientes minerais e a água, e afeta também a constituição do solo quanto à macro e microorganismos, tendo em vista que pode ser abrigo e/ou fonte de alimento para diferentes seres vivos.

Entre os fatores e processos que determinam a dinâmica da serapilheira em um ecossistema, estão aqueles relacionados à sua produção (deposição), acúmulo e decomposição. Segundo Facelli e Pickett (1991), o aporte de serapilheira em um dado local é determinado pelo balanço entre sua produção *in situ*, a deposição de serapilheira proveniente de um sistema externo, a degradação da serapilheira (por agentes físicos e biológicos) e sua remoção. Assim, quando se trata, por exemplo, de um ambiente de floresta aluvial, fatores como inundações periódicas, interferem fortemente na remoção da serapilheira acumulada e no aporte de material proveniente de outras localidades.

Na produção e depósito *in situ* de serapilheira, os principais fatores condicionantes se referem principalmente às características locais, tanto de fatores bióticos, que envolvem os organismos vivos que compõem o ecossistema, quanto de fatores abióticos, relacionados principalmente ao clima e solo. Segundo Caldeira et al. (2007), são fatores importantes neste processo, a origem da serapilheira, a cobertura florestal da área em questão, o estágio sucessional da vegetação, sua idade, e a época da realização da coleta. Para os autores, interferem também, as condições edafoclimáticas e o regime hídrico, o clima, o manejo silvicultural, proporção de copa das plantas, taxa de decomposição do material e distúrbios naturais, como fogo e ataques de insetos ou artificiais, através da remoção da serapilheira e cultivos.

Além de refletir a produtividade e as características fenológicas da vegetação, a produção de serapilheira é a principal via de transferência de nutrientes minerais e até orgânicos da vegetação para a superfície do solo (GOMES, 2006).

Muitos trabalhos ressaltam a importância da realização de estudos que envolvam a produção e a decomposição de serapilheira. Os autores justificam esta importância sob diferentes pontos de vista como da ciclagem de nutrientes (GOMES, 2006; CALDEIRA et al., 2008), do entendimento do funcionamento dos ecossistemas florestais (ALVES et al., 2006) e até mesmo do manejo florestal (CALDEIRA et al., 2008) e da recuperação de ambientes degradados (MARTINS, 2001; CALDEIRA et al., 2008).

Conforme Martins (2001), estudos quantitativos de serapilheira, quando realizados anualmente em uma área ciliar em recuperação, por exemplo, podem possibilitar a comparação com outros estudos neste tipo de ambiente. Segundo o autor, caso a produção

esteja muito inferior quando comparada a outras comunidades ciliares, pode estar havendo problemas relacionados à ciclagem de nutrientes (MARTINS, 2001).

A metodologia empregada para que seja determinada a produção de serapilheira em uma floresta, consta da instalação de coletores, mantidos a alguns centímetros acima da superfície do solo e com fundo de náilon de malha fina. A serapilheira acumulada nesses coletores é colhida, podendo ser separada em diferentes frações (folhas, frutos, sementes, folhas e ramos) seca em estufa e pesada (MARTINS, 2001).

Os estudos que investigam a produção e a decomposição da serapilheira realizados a fim de atender a diferentes objetivos. De acordo com Facelli e Pickett (1991), estes processos tem sido amplamente estudados, sendo que o enfoque está pautado no balanço do carbono e na ciclagem de nutrientes. Além disso, afirmam que são realizadas investigações acerca dos efeitos da serapilheira sob determinadas populações de plantas, bem como sob a estrutura e dinâmica das comunidades.

Entre as principais dificuldades na comparação de dados entre diferentes estudos está a grande amplitude de condicionantes envolvidos nos diferentes trabalhos, como variações entre os tipos vegetacionais e seu estágio sucessional e nas condições ambientais como solo e clima para cada estudo. Além disto, segundo Vibrans (1999) também podem ser citadas as variações nos procedimentos metodológicos como os coletores e sua disposição, intervalo de coleta, entre outros. No trabalho de Vibrans (1999) ele quantificou a produção de serapilheira e deposição de nutrientes em dois remanescentes florestais de Floresta Ombrófila Densa no município de Blumenau, SC, com resultados de produção total de 8220 kg/ha/ano e 9559 kg/ha/ano para cada uma das áreas, sendo a fração foliar a que mais contribuiu para a biomassa da serapilheira. Por outro lado, Santos e Válio (2002) verificaram fracas correlações entre o acúmulo de serapilheira e condições climáticas em uma floresta de Campinas, SP.

Martins et al. (2004) avaliaram a deposição de serapilheira e nutrientes em povoamentos de *Grevillea robusta* Cunn plantadas na região de Quedas do Iguaçu, Paraná e constataram que sua produção de serapilheira supera produções já observadas de povoamentos de *Pinus* e *Eucalyptus*.

Em seu estudo, realizado em diferentes estágios sucessionais da Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ, Barbosa e Faria (2006) verificaram em uma floresta avançada maior aporte de serapilheira quando comparada a uma floresta no estágio intermediário de regeneração, obtendo maiores concentrações via fração foliar de serapilheira dos nutrientes N, P, K e Ca com o uso de *Mimosa bimucronata* (DC.) O. Kuntze nos reflorestamentos.

Ainda Mochiutti, Queiroz e Melém Junior (2006) avaliaram a biomassa e nutrientes da serapilheira de um povoamento de taxi-branco e de uma floresta secundária, estabelecidos em área alterada pela agricultura migratória. A deposição de serapilheira foi menor no período de menor precipitação e maior no povoamento de taxi-branco. O teor de N foi maior no taxi-branco enquanto os teores de Ca, Mg, K e P foram maiores na floresta secundária.

Nunes e Pinto (2007) quantificaram a serapilheira produzida em dois trechos de vegetação ciliar, um nativo e outro reflorestado, na região do Alto São Francisco. Verificaram que a mata nativa, ao contrário do reflorestamento, houve sazonalidade na queda de serapilheira e ambas apresentaram elevada produção de serapilheira, com predominância de folhas.

Telöken et al. (2007) realizaram uma avaliação da produção de serapilheira em um trecho de floresta aluvial do Arroio Bolaxa, relacionando-a a fatores climáticos. Entre as constatações, está uma tendência a maior produção nos meses de menor precipitação e maiores temperaturas, tendo maior contribuição da fração de folhas.

Caldeira et al. (2007) quantificaram a produção de serapilheira acumulada e o conteúdo de nutrientes e carbono orgânico em área de Floresta Ombrófila Mista Montana no Paraná. A floresta acumulou em média $7,99 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de serapilheira e apresentou-se como importante via de transferência de carbono orgânico, micro e macronutrientes para o solo.

Em um estudo cujo objetivo foi quantificar a produção de serapilheira acumulada e o conteúdo de nutrientes em três estádios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa em Blumenau, SC, Caldeira et al. (2008) verificaram que o estoque médio de serapilheira acumulada variou de $4,47 \text{ Mg/ha}$ a $5,28 \text{ Mg/ha}$ e observou-se que a serapilheira acumulada esta foi a principal via de transferência de $\text{N} > \text{Ca} > \text{Mg}$ para o solo .

Entre os fatores que interferem na quantidade de nutrientes minerais encontradas na serapilheira estão o seu nível de decomposição e sua composição, tendo em vista que o processo de decomposição provoca liberação dos constituintes dos tecidos das plantas (GOLLEY et al., 1978) e as propriedades químicas dos lixiviados dependem de quais substâncias estavam presentes nos órgãos das plantas anteriormente à sua queda e das transformações provocadas pelos agentes decompositores (FACELLI; PICKET, 1991).

Considerando que não somente as taxas de produção, mas também as de “destruição” da serapilheira proporcionam variação na quantidade acumulada, sabe-se que a dinâmica e acúmulo de *litter* podem variar em escalas de tempo sucessionais ou sazonais, ou ainda seguindo flutuações ambientais de diferentes intensidades e durações (FACELLI E PICKETT, 1991). Assim, cabe ressaltar também a importância dos estudos que envolvam aspectos

relacionados à decomposição da serapilheira, processo essencial para o retorno de nutrientes ao solo, e assim, para as plantas, em um ciclo contínuo.

Para este estudo, foi adotado o conceito de serapilheira conforme Golley et al. (1978), Gomes (2006) e Martins (2001), utilizando todo o material depositada em coletores, sendo consideradas como diferentes frações as espécies identificadas a partir das folhas depositadas, suas estruturas reprodutivas – flores, frutos e sementes, ramos – grossos e finos, e miscelânea – outros materiais.

3.2.2 Decomposição da serapilheira

Tão importante quanto a captação de diferentes compostos e substâncias pelas plantas e outros organismos, é a forma com que estes são transformados e retornam ao meio, passando a integrar um novo ambiente e sendo novamente transformados sob a ação de fatores abióticos e bióticos. Desta forma ocorrem os ciclos biogeoquímicos, através do qual os elementos circulam continuamente nos ecossistemas, o que contribui para a continuidade dos processos em que estão envolvidos.

Uma forma pela qual os nutrientes já utilizados pelos organismos permanecem no ambiente e podem ser posteriormente reutilizados, é através da queda da serapilheira, seguida pela sua degradação ou decomposição. Conforme Facelli e Pickett (1991), a quantidade de serapilheira acumulada pode ser reduzida por processos de degradação química e física, consumo por seres heterotróficos e através da decomposição, sendo esta última o fator mais amplamente estudado e provavelmente o mais importante na destruição da serapilheira.

De acordo com Loranger et al. (2002, p.247), a decomposição de resíduos de plantas, por exemplo, inclui “lixiviação, separação através da fauna do solo, transformação da matéria orgânica por microorganismos e transferência de componentes minerais e orgânicos para o solo”. Para os mesmos autores, o processo é principalmente biológico, mas também sofre influência de fatores abióticos, por seus efeitos sobre a fauna no solo.

O processo de decomposição da serapilheira ocasiona liberação de elementos minerais constituintes dos tecidos orgânicos (GOLLEY et al., 1978). Tendo em vista que os órgãos das plantas acumulam ao longo de sua vida uma série de substâncias orgânicas e inorgânicas, após a morte ou durante a senescência destes órgãos, os compostos acumulados são liberados por lixiviação ou atacados por decompositores, sendo seus produtos lançados ao solo. Ou seja, as

propriedades químicas dos lixiviados dependem da natureza das substâncias acumuladas nos órgãos antes de sua queda e das transformações bioquímicas produzidas pelos decompositores (FACELLI; PICKETT, 1991).

Ao se decompor, a serapilheira é reaproveitada no ciclo de nutrientes do ecossistema, liberando nutrientes para o solo. Posteriormente estes são reabsorvidos pelas plantas (SCHUMACHER et al., 2004), o que a torna fundamental na manutenção da sustentabilidade dos ecossistemas florestais.

A decomposição da matéria orgânica dos horizontes orgânicos de uma floresta é vital para a sobrevivência do ecossistema, por garantir a ciclagem dos nutrientes e a nutrição das árvores. Conhecer os processos envolvidos com o fluxo de nutrientes nos ecossistemas, bem como suas relações quantitativas é fundamental para entender o funcionamento do ecossistema (VIBRANS, 1999) e pode servir como um indicativo para verificar se a recuperação está acontecendo em uma floresta (MARTINS, 2001).

A velocidade de decomposição da serapilheira é dependente da facilidade com que o material orgânico de origem pode ser decomposto, de seus componentes químicos, e do pH do meio onde ocorrerá o processo, incluindo ainda os fatores climáticos (LARCHER, 2000). Através da coleta e exame periódico de serapilheira, pode-se determinar a velocidade de queda do material e sua decomposição (GOLLEY et al., 1978).

Para realização de análise da decomposição da serapilheira o método utilizado baseia-se em manter sobre a superfície do solo bolsas de náilon de malha fina ou *litter bags* com determinada quantidade de serapilheira. Periodicamente faz-se a pesagem do material contido nas bolsas, determinando-se o tempo necessário para sua decomposição (MARTINS, 2001).

De acordo com Berg e McLaugherty (2008), embora a decomposição esteja entre os maiores processos de transformação de carbono no planeta, ainda existe uma necessidade de melhor compreensão acerca deste processo, o que parece estar ocorrendo nos últimos vinte anos, especialmente devido sua importância na manutenção da fertilidade do solo e no ciclo do carbono.

Em se tratando de florestas tropicais úmidas, ainda que é constatada sua importância, enquanto a deposição de serapilheira tem sido amplamente estudada, com resultados quantitativos, de sazonalidade e teor de nutrientes, o mesmo não tem ocorrido para a decomposição da serapilheira, com estudos escassos e de difícil comparação entre si (VIBRANS, 1999).

Nos estudos sobre as taxas de decomposição em florestas, existe uma série de investigações que tratam sobre a influência das características da serapilheira e do solo sobre

este processo, como o trabalho de Loranger et. al (2002), que objetivou avaliar a importância da qualidade da serapilheira e das características do solo na decomposição em florestas tropicais semi-perenes e estimar a influência de diferentes parâmetros de qualidade de serapilheira nas taxas de decaimento em diferentes estágios do processo de decomposição nestas florestas.

Entre estudos amplamente citados envolvendo ciclagem de nutrientes, está o trabalho de Golley et al (1978), que realizaram coletas de serapilheira, verificando em uma floresta tropical úmida de baixada no Panamá, sua taxa de deposição e decomposição, bem como os nutrientes presentes. A produção estimada de serapilheira na estação seca foi de 6200 kg ha⁻¹. ano⁻¹. E na estação úmida 2910 kg/ha/ano. A serapilheira neste estudo apresentou altas concentrações de Ca, Mg, Al, Ba, Fe, Mn, Sr e Ti. Em menos de 1 ano, a massa de serapilheira foi reduzida para entre 9 e 17% do material inicial.

Vital et al. (2004), estudaram a ciclagem de nutrientes em um ecossistema de floresta aluvial, do tipo Floresta Estacional Semidecidual, em São Paulo, quantificando parâmetros relativos à produção, taxa de decomposição e caracterização química da matéria orgânica. A produção total de serapilheira foi de 10.646,0 kg.ha⁻¹.a⁻¹. Ocorreu maior deposição de serapilheira e nutrientes no fim da estação seca. A transferência total de macronutrientes foi de 217,76 kg.ha⁻¹ de N, 11,55 kg.ha⁻¹ de P, 52,79 kg.ha⁻¹ de K, 199,80 kg.ha⁻¹ de Ca e 38,70 kg.ha⁻¹ de Mg. A estimativa da taxa instantânea de decomposição (K), de 1,71; e o tempo necessário para o desaparecimento de 50% da serapilheira foi de 150 dias.

Scheer (2008), a fim de contribuir para o entendimento de processos sucessionais num ambiente aluvial de Floresta Ombrófila Densa, visando seu manejo e restauração, avaliou a decomposição foliar e a liberação de nutrientes durante o processo de decomposição. Foi estimado que para decompor pelo menos a metade do material foliar depositado no solo da capoeira seria necessário um tempo médio de um ano, a perda de material foi mais elevada no início do processo (primeiros meses) e a taxa de decomposição foi inferior à de outras florestas tropicais, mas semelhante à de outros estudos na floresta atlântica. Houve uma tendência de aumento nos teores dos elementos analisados no material remanescente durante o processo de decomposição, exceto para o K e o C.

Assim, o estudo da decomposição de serapilheira em ambientes aluviais pode trazer importantes informações sobre a dinâmica dos nutrientes e carbono nestas formações florestais.

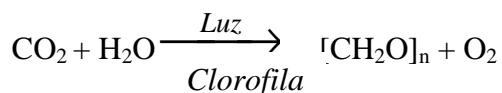
3.3 Carbono

3.3.1 Fotossíntese e fixação de carbono pelas plantas

Toda a vida no planeta, com exceção apenas de algumas bactérias quimio-autotróficas, depende de forma direta ou indireta da fotossíntese realizada por organismos clorofilados. Inclusive a maior parte das máquinas que fazem parte do cotidiano das pessoas, são movimentadas por fontes de energia cuja origem está relacionada de alguma forma ao processo fotossintético realizado por organismos há milhões de anos atrás, resultando no petróleo, no gás natural e no carvão mineral (MAJEROWICZ, 2008).

Graças ao processo de fotossíntese, as comunidades de plantas são consideradas grande, constante e renovável fonte de biomassa e bioenergia (LARCHER, 2000). As plantas são os mais eficientes mecanismos vivos para fixação de carbono no planeta. Isto é feito por um complexo mecanismo em que processo fotossintético é acoplado ao processo de biossíntese de celulose, que pode ser dividido em três partes: (1) absorção do CO₂; (2) síntese de açúcares simples como a glicose; (3) síntese da celulose (o mais abundante e difundido composto de carbono na natureza) (BUCKERIDGE; AIDAR, 2002).

Durante o processo fotossintético, a partir de moléculas inorgânicas simples como a de água e gás carbônico é promovida a conversão e o armazenamento da energia solar em moléculas orgânicas ricas em energia. Somente os organismos fotossintetizantes são capazes de transformar energia luminosa em energia química, energia esta que será armazenada nas ligações químicas das moléculas de carboidratos. A reação global da fotossíntese pode ser representada da seguinte forma (MAJEROWICZ, 2008):



No processo de assimilação de carbono participam processos fotoquímicos (dirigidos pela luz), processos enzimáticos que não dependem da radiação e os processos de difusão – trocas gasosas entre cloroplasto e atmosfera, processos influenciados por um conjunto de fatores externos e internos (LARCHER, 2000).

Para que a fotossíntese ocorra, a primeira condição é a absorção de energia solar pelos cloroplastos. As clorofilas servem como receptores da radiação, com máxima absorção nas

faixas do vermelho e azul, além de pigmentos acessórios como carotenóides e xantofila, com absorção no azul e UV (LARCHER, 2000).

Nas plantas superiores, o mesofilo das folhas é o tecido fotossintetizador mais ativo, pois que contém as organelas celulares onde ocorre a fotossíntese: os cloroplastos, ricos em pigmentos especializados na absorção de luz (MARENCO; LOPES, 2005). O processo fotossintético ocorre no cloroplasto, organela envolvida por uma dupla membrana, cujo estroma contém um sistema de membranas que formam tilacóides, ribossomos, plasmídeos e diferentes inclusões. É nos tilacóides que ocorre a conversão de energia radiante em energia química (LARCHER, 2000).

A reação de fixação de carbono é catalisada por uma enzima chamada ribulose bifosfato carboxilase/oxigenase (rubisco), enzima central para aquisição de carbono pelos organismos. Portanto, a maior parte do carbono presente na biosfera, já transitou de alguma maneira pelo sítio ativo de uma enzima rubisco (MAJEROWICZ, 2008).

O processo fotossintético ocorre em duas etapas interdependentes: a etapa fotoquímica, com reações dependentes de luz, e a etapa bioquímica. Na etapa fotoquímica, a luz absorvida pelos pigmentos fotossintéticos é convertida em ATP e NADPH. Na etapa bioquímica, ocorrem as reações enzimáticas de fixação de CO₂ e síntese de carboidratos e é movida pelo ATP e NADPH gerados na etapa fotoquímica (MAJEROWICZ, 2008).

Os carboidratos gerados através da fotossíntese são utilizados pelas plantas no processo respiratório para a obtenção de energia, fonte de carbono na síntese de outras moléculas ou ainda fazem parte da parede da célula que seria a forma mais certa da fixação de carbono que compõem a estrutura e o metabolismo dos organismos fotossintetizantes (MAJEROWICZ, 2008).

Atualmente é crescente o interesse pela fixação de carbono em florestas plantadas, principalmente porque estas apresentam altas taxas de crescimento e consequente capacidade de remover dióxido de carbono na atmosfera (NUTTO, 2002; WATZLAWICK et al., 2003).

De acordo com Sanquetta (2002), deficiência no conhecimento, imediatismo e superficialidade em diversos estudos de carbono tem provocado o uso indiscriminado de percentuais relativos aos teores de carbono fixados nas florestas. O autor afirma ainda que, a utilização irrestrita de percentuais da ordem de 50% vem provocando a geração de estimativas totalmente irreais. Também conforme o mesmo autor, os estudos a respeito da fixação de carbono e que não conste uma avaliação concisa e fidedigna de biomassa e sem um trabalho com rigor científico, de inter-relação entre as distintas frações da mesma com os teores de carbono conduzem certamente a informações sem valor científico e a grandes fracassos. Já o

emprego de uma metodologia adequada, pelo contrário, proporciona resultados satisfatórios e sucesso na avaliação da fixação de carbono pelas florestas.

O trabalho de Brown (2002) teve como objetivos revisar métodos e procedimentos disponíveis atualmente para medição dos estoques de carbono e discutir as necessidades de melhora nos métodos existentes. De acordo com a autora, a medição dos estoques de carbono com acurácia e precisão poderiam fornecer as informações necessárias na determinação das alterações desses estoques. Em seu trabalho, enfocou a medição de carbono na biomassa subterrânea, biomassa aérea e biomassa morta lenhosa alegando que a serapilheira representa pequena fração do total de carbono na maioria das florestas e por isso não trataria desta fração. Possivelmente por não ter abordado a questão da fixação de carbono no solo, em que a atuação da serapilheira é muito importante.

É a partir da matéria orgânica de origem tanto de plantas como de animais, que o carbono será também incorporado ao solo. Assim, é importante verificar os teores de carbono não somente na biomassa em pé como naquela que é depositada em forma de serapilheira.

3.3.2 Fixação de carbono no solo

A pedosfera é a porção do planeta que é composta pelo solo e encontra-se entre a litosfera e a atmosfera. Suporta toda a atividade da vida dos ecossistemas terrestres, interagindo com a atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera. Estas interações estão relacionadas aos ciclos biogeoquímicos dos nutrientes e da água, ocorrendo trocas de gases e energia entre solo e atmosfera, transporte de nutrientes e formação do solo (LAL; KIMBLE; FOLLET, 1998).

A origem do solo que constitui a pedosfera se dá pela desagregação mecânica das rochas, causada pelo intemperismo e pela decomposição e humificação dos resíduos de plantas e animais (LARCHER, 2000).

As substâncias húmicas são o produto da transformação do material orgânico no solo pela microbiota, aquelas que compreendem a matéria orgânica coloidal e amorfa (FAÇANHA et al., 2008).

A formação do húmus inicia com a decomposição da serapilheira, que se transforma em materiais húmicos quimicamente estáveis, escuros, finamente particulados e caracterizados por substâncias de grande peso molecular e composição média de 44 a 58% de

carbono, 0,5 a 4% de nitrogênio, 42 a 46% de oxigênio e 6 a 8% de hidrogênio (LARCHER, 2000).

Os processos predominantes na pedosfera que afetam a dinâmica do carbono orgânico no solo (COS) são divididos em processos de degradação de COS e de incremento de COS. Os processos de incremento incluem humificação, agregação e sedimentação e deposição de sedimentos, enquanto os de degradação incluem erosão, lixiviação e decomposição e volatilização da matéria orgânica no solo. O balanço entre os processos de incremento e degradação é influenciado pelo uso do solo (LAL; KIMBLE; FOLLET, 1998).

A matéria orgânica do solo (MOS) é constituída pelos compostos que contêm carbono orgânico neste meio: microorganismos, resíduos de plantas e animais parcialmente decompostos, os produtos de sua decomposição e substâncias orgânicas alteradas microbiologicamente e/ou quimicamente. No meio natural, as plantas são as principais produtoras da matéria orgânica, através da fotossíntese (SILVA; CAMARGO; CERETTA, 2000).

A MOS apresenta grande capacidade de interagir com outros componentes do solo e alterar suas propriedades físicas e químicas, as quais interferem no crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo um componente bastante sensível às condições do ambiente (SILVA; CAMARGO; CERETTA, 2000). De acordo com Façanha et al. (2008), a matéria orgânica apresenta de 100 a 1000 vezes mais carga negativa que a parte mineral do solo, o que influencia na sua capacidade de troca de cátions com o meio, e assim, na sua capacidade de reter nutrientes para as plantas.

Como a MOS participa do equilíbrio do ciclo do carbono no planeta, recentemente, devido ao aquecimento global e à perspectiva de utilização do solo como reservatório de carbono liberado à atmosfera pela ação antrópica, tem atraído alto interesse (SILVA; CAMARGO; CERETTA, 2000).

A matéria orgânica é, portanto, uma fonte de entrada de carbono orgânico no solo, de modo que a partir da decomposição, parte do carbono presente nos resíduos de plantas e animais volta para a atmosfera na forma de gás carbônico, enquanto outra parte é fixada no solo (CALDEIRA et al., 2002).

Assim, os solos mundiais representam importante papel no ciclo global do carbono. O carbono no solo pode estar sobre duas formas: orgânica ou inorgânica. A sua quantidade contida nos solos é cerca de 2,1 vezes a quantidade da atmosfera e em torno de 2,7 vezes a quantidade de compreende as plantas terrestres (LAL; KIMBLE; FOLLET, 1998).

A pedosfera tem contribuído na composição da atmosfera, porém é desconhecida a magnitude de sua interferência. Ainda há uma grande necessidade de compreensão a respeito dos processos que ocorrem entre atmosfera, pedosfera e biosfera. Através do conhecimento dessas interações que podem ser obtidos mecanismos e estratégias para a fixação do carbono pela pedosfera (LAL; KIMBLE, FOLLET, 1998).

Diferentes formas de uso do solo podem influenciar na quantidade de CO₂ liberada para a atmosfera e/ou ampliar o reservatório de carbono no solo (LAL; KIMBLE, FOLLET, 1998).

Leite et al. (2003) realizaram estudo cujos objetivos foram quantificar os efeitos de sistemas de produção sob adubação orgânica e mineral nos estoques totais de carbono e nitrogênio no solo e dos compartimentos de carbono orgânico e estimar a contribuição desses sistemas na fixação ou emissão de dióxido de carbono atmosférico. Neste estudo foi observada redução nos estoques de carbono orgânico e nitrogênio total após a mudança de floresta para agricultura. A adubação orgânica ocasionou aumento nos estoques de carbono orgânico e nitrogênio total, quando comparada à adubação mineral ou sem adubação, porém, não representou potencial para fixação de carbono para os solos onde foi utilizada e emitiu maiores quantidades de CO₂ para a atmosfera.

Em uma floresta aluvial, o carbono depositado pode ser oriundo da matéria orgânica depositada pelas plantas e demais seres vivos que vivem neste ambiente, além de poder ser transportado (trazido ou removido) juntamente com a água do rio durante as inundações. Neste trabalho, foi estudada somente a fonte de entrada serapilheira, não sendo verificada a contribuição através da água do rio e os sedimentos. As mesmas formas de entrada e saída de carbono, também servem como fonte e remoção de nutrientes minerais.

3.4 Nutrientes

Existe uma série de elementos que são essenciais para a vida das plantas. Conforme Façanha et al. (2008, p.35), são considerados elementos essenciais aqueles:

“(i) cuja deficiência impede que a planta complete seu ciclo de vida; (ii) que não podem ser substituídos por outro com características químicas similares e (iii) que participam diretamente do metabolismo da planta”.

Os nutrientes essenciais são divididos em macro e micronutrientes. Os macronutrientes são aqueles necessários em maiores quantidades para as plantas: nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca); fósforo (P); magnésio (Mg) e enxofre (S). Os micronutrientes são requeridos pelas plantas em pequenas quantidades: cloro (Cl); manganês (Mn); boro (B); zinco (Zn); ferro (Fe); níquel (Ni); cobre (Cu) e molibdênio (Mo) (FAÇANHA et al., 2008).

De acordo com Façanha et al. (2008), a exigência em quantidade dos nutrientes essenciais variam de acordo com a espécie, estágio de desenvolvimento e exposição das plantas a situações de estresses ambientais ou interações ecológicas.

Os nutrientes minerais dos quais as plantas necessitam são obtidos da solução do solo (MEURER; KLAMT, 2000), através das raízes. Estes mesmos nutrientes são oriundos das rochas que deram origem ao solo através do intemperismo (MEURER; KLAMT, 2000; LARCHER, 2000) ou das substâncias orgânicas que passaram por processos de mineralização (LARCHER, 2000).

Estes nutrientes são absorvidos na forma de íons e incorporados na estrutura celular ou depositados no suco celular (LARCHER, 2000). Após suprirem as necessidades das plantas, os nutrientes são devolvidos ao solo em forma de serapilheira, de onde, a partir de um processo de decomposição, poderão ser novamente disponibilizados para as plantas. Segundo Larcher (2000), devido à sua influência no crescimento e morfogênese das plantas, a nutrição mineral influencia também direta e indiretamente também o metabolismo do carbono.

Principalmente em solos que apresentam baixa retenção de nutrientes, as plantas têm papel fundamental na manutenção de sua fertilidade, através da ciclagem de nutrientes, processo em que ocorrem deposição e decomposição da serapilheira, com liberação dos nutrientes, possibilitando seu reaproveitamento pelas plantas, garantindo a sustentabilidade do ecossistema (PINTO; MARQUES, 2003). De acordo com Scheer (2008), é devido à eficiência neste processo de ciclagem que ocorre nas camadas mais superficiais do solo, que a maior parte das florestas tropicais e subtropicais, como muitas formações da Floresta Ombrófila Densa, mantém alta produtividade, mesmo em solos com baixa disponibilidade de nutrientes.

De acordo com Pagano e Durigan (2000), as florestas tropicais desenvolvem mecanismos para conservar nutrientes minerais essenciais em resposta às altas velocidades de decomposição e dos fluxos de água no sistema. Afirmando que uma ciclagem eficiente dependerá do equilíbrio entre a entrada dos nutrientes no sistema e a quantidade que sai.

O estudo do ciclo de nutrientes em áreas em processo de recuperação possibilita identificar deficiências no processo de recuperação e adotar medidas corretivas para

manutenção da produtividade das plantas e melhorar as condições do solo (MOCHIUTTI et al., 2006).

De acordo com Vibrans e Sevegnani (2000), para que se possa quantificar o aporte de nutrientes ao solo de uma floresta, é necessário analisar a composição química da serapilheira, cujo aporte faz parte do circuito estabelecido entre vegetação e solo, onde são permanentemente reciclados macro e micronutrientes.

Em floresta aluvial, além da serapilheira, as inundações podem ser importante via de transporte e deposição de nutrientes no solo, porém, neste estudo o enfoque está pautado no solo e serapilheira.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

4.1.1 Localização da área de estudo

A área de estudo situa-se no município de Apiúna – SC (Latitude 27°01'48,1''S; Longitude 49°23'20,2''W) e abrange uma área de aproximadamente 1.400 m² (70 metros de comprimento por 20 metros de largura), em altitude de 60 m s.n.m. sobre Neossolo Flúvico. Encontra-se à margem direita do rio Itajaí-Açu, que faz parte da bacia hidrográfica do rio Itajaí (Figura 1). Consta em uma propriedade particular cedida em forma de comodato em tempo indeterminado para realização de trabalhos de pesquisa, selecionada a partir de um levantamento Fitopedológico realizado em 2001 (CURCIO et al., 2006). Esta área foi plantada com espécies nativas da região, com intuito de recuperação induzida de ambiente fluvial, denominada UP (Unidade de Pesquisa), implantada em abril de 2006.

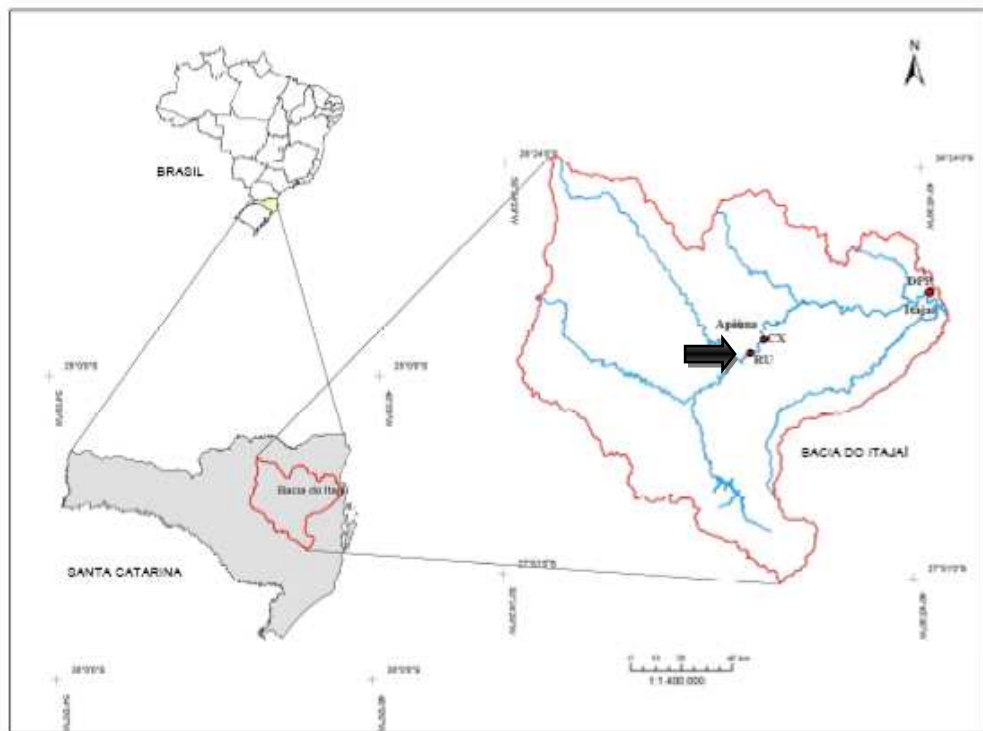


Figura 1. Localização do município de Apiúna, sendo que o ponto demarcado como RU representa a Localização da UP utilizada neste estudo (STANO, 2007).

4.1.2 Caracterização da área de estudo

A Unidade de Pesquisa de Apiúna caracteriza-se como uma área de revegetação em área de Floresta Ombrófila Densa Aluvial, distando do rio Itajaí-Açu dois metros. Conforme Veloso et al. (1991, p. 65) a Floresta Ombrófila Densa Aluvial “trata-se de formação ribeirinha ou floresta aluvial que ocorre ao longo dos cursos de água ocupando os terraços antigos das planícies quaternárias”. É uma área de deposição de sedimentos do rio Itajaí-Açu sofrendo influência da dinâmica deste rio, bem como do depósito de sedimentos. O relevo da área é plano, cuja declividade não ultrapassa 3%. Anterior ao início do processo de recuperação a área estava coberta por brachiaria. No período de estudo as espécies plantadas apresentavam alturas variadas desde as menores com cerca de 40 cm às mais altas com mais de 10m de altura, com predomínio de *Cyatharexylum myrianthum*. Verificou-se além das espécies plantadas a presença de algumas lianas e herbáceas de pequeno porte e dossel não muito fechado, com formação de clareiras. Na porção distal do rio, existe uma estrada de barro e residências, e à montante da UP, uma indústria têxtil. A baixa declividade aliada ao regime de cheias do rio faz com que a área sofra inundações/alagamentos recorrentes.

Conforme Pozzobon (2009, p. 33), a feição geomórfica onde a UP foi instalada pode ser definida como:

“barra de meandro atual, portanto em superfície de agradação, distando 2 m aproximadamente do rio, com altura mínima de 3,12 m em relação ao nível médio do rio. É possível verificar indícios da recorrência de eventos deposicionais, resultantes predominantemente de cheias de baixa a média magnitude, sendo as de elevada magnitude de recorrência reduzida.”

Ainda conforme Pozzobon (2009), a presença de gleizações, que são evidenciadas por mosqueados (manchas de oxi-redução) no solo demonstra a forte influência do lençol freático na UP, e a recorrência de inundações.

As Figuras 2 até 16 representam a Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC desde o momento anterior à sua implantação e plantio das mudas, até o período relativo a este estudo.



Figura 2. Aspecto da cobertura vegetal da área em Apiúna antes da implantação da Unidade de Pesquisa e plantio das mudas (POZZOBON, 2009).



Figura 3. Implantação da Unidade de Pesquisa em Apiúna em 27 de abril de 2006. Plantio das mudas (POZZOBON, 2009).



Figura 4. Unidade de Pesquisa em Apiúna, seis meses após o plantio (POZZOBON, 2009).



Figura 5. Unidade de Pesquisa em Apiúna, 26 meses após o plantio (POZZOBON, 2009).



Figura 6. Unidade de Pesquisa em Apiúna submetida ao alagamento em abril de 2007 (POZZOBON, 2009).



Figura 7. Alagamento na Unidade de Pesquisa em Apiúna, abril de 2007 (POZZOBON, 2009).



Figura 8. Unidade de Pesquisa em Apiúna, em 1 de maio de 2008. Foto: Eduardo Zimmer.



Figura 9. Interior da Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC em 9 de outubro de 2008. Foto: Eduardo Zimmer.



Figura 10. Alagamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC, em 2008. Foto: Eduardo Zimmer.



Figura 11. Aspecto geral da Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC, em 13 de maio de 2009, onde se observa a estrada de barro paralela à área de revegetação. Foto: Eduardo Zimmer.



Figura 12. Unidade de Pesquisa em Apiúna após alagamento, em setembro de 2009. Foto: Mireli Müller.



Figura 13. Coletores transportados pela água durante o alagamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna, em setembro de 2010. Foto: Mireli Müller.



Figura 14. Aspecto da Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC, em setembro de 2009. Foto: Eduardo Zimmer.

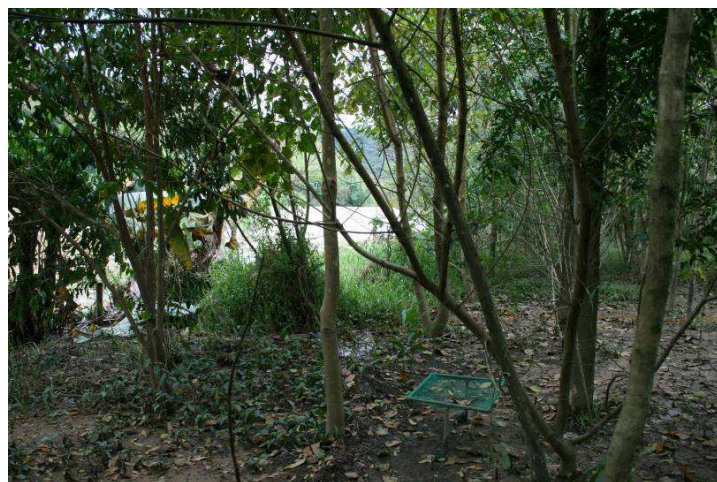


Figura 15. Aspecto interno da Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC, em setembro de 2009. Foto: Eduardo Zimmer.



Figura 16. Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC, em fevereiro de 2010. Foto: Mireli Müller.

4.1.3 Modelos de plantio

Nesta UP foram realizadas duas formas de condução do plantio: Unidade de Vizinhança (UV) e Unidade de Espaçamento (UE). A Unidade de Vizinhança consistiu em plantio em quincôncio, com quatro indivíduos periféricos de uma espécie (espécie vizinha) e uma central (espécie alvo), conforme a Figura 17. Sendo realizadas diferentes combinações de espécies alvo e vizinha, com sete repetições para cada uma das seis possíveis combinações. O modelo de plantio em espaçamento seguiu espaçamentos 1 x 1m, 1 x 1,5m e 2 x 1m entre as mudas e utilizou nove espécies constituintes de um módulo, sendo cada módulo repetido 15 vezes (Figura 18).

As espécies plantadas na Unidade de Vizinhança foram: *Cytharexylum myrianthum* Cham., *Inga marginata* Willd. e *Annona cacans* Warm. e na Unidade de Espaçamento: *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Alchornea glandulosa* Poepp. & Endl., *Inga marginata* Willd., *Annona sericea* R. E. Fries, *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Annona cacans* Warm., *Cytharexylum myrianthum* Cham.; *Posoqueria latifolia* (Rudge) Roem. & Schult. e *Cupania vernalis* Cambess.

Na tabela 1, estão as espécies que foram plantadas na Unidade de Pesquisa, com seus nomes científicos e comuns, bem como grupos sucessionais a que pertencem.

Tabela 1. Lista de nomes científicos, comuns e grupos sucessionais das espécies plantadas na Unidade de Pesquisa em Apiúna

Nome científico	Nome comum	Grupo sucessional
<i>Alchornea glandulosa</i>	Tanheiro, tapiá	Pioneira/secundária (SMITH et al., 1988)
<i>Annona cacans</i>	Anona, araticum, araticum-cagão	Pioneira (REITZ et al., 1978)
<i>Annona sericea</i>	Cortiça	Secundária inicial (KLEIN, 1979)
<i>Cabranea canjerana</i>	Canjerana	Secundária (KLEIN, 1984)
<i>Cupania vernalis</i>	Camboatá	Pioneira/secundária (REITZ, 1980)
<i>Cytherexylum myrianthum</i>	Tucaneira, pau-viola, jacataúva, tarumã-branco	Pioneira (REITZ et al., 1978)
<i>Inga marginata</i>	Ingá, ingá-feijão	Pioneira/ secundária (BURKART, 1979)
<i>Posoqueria latifolia</i>	Baga-de-macaco	Pioneira (DELPRETE et al., 2004)
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeira	Pioneira (FLEIG, 1989)

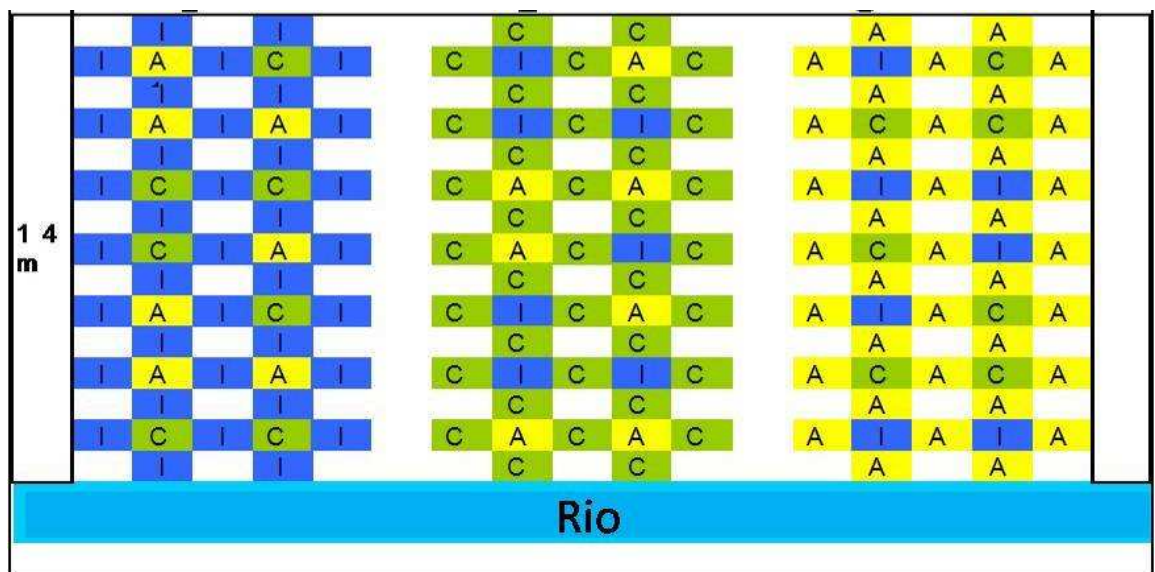


Figura 17. Modelo de plantio denominado Unidade de Vizinhança implantado na Unidade de Pesquisa em Apiúna. Onde foi realizado plantio em quincôncios com quatro espécies periféricas (vizinhas) e uma espécie central (alvo). I: *Inga marginata*; A: *Annona cacans*; C: *Cytherexylum myrianthum*.

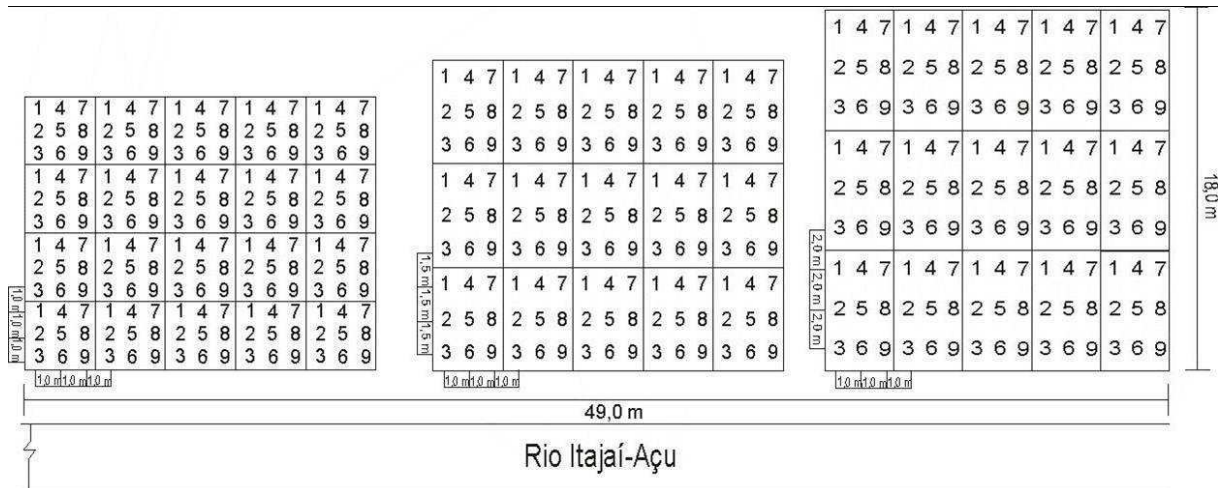


Figura 18. Modelo de plantio denominado Unidade de espaçamento, implantado na Unidade de Pesquisa em Apiúna. Plantio realizado em módulos constituídos por nove espécies em que 1: *Schinus terebinthifolius*; 2: *Alchornea glandulosa*; 3: *Inga marginata*; 4: *Annona sericea*; 5: *Cabralea canjerana*; 6: *Annona cacans*; 7: *Cytharexylum myrianthum*; 8: *Posoqueria latifolia* e 9: *Cupania vernalis*. (POZZOBON, 2009).

4.1.4 Clima, níveis fluviométricos e do lençol freático

Durante todo o período de coleta de dados na área de estudo, conforme dados obtidos da Epagri/ Ciram/ Inmet, estação de Indaial – SC, de maio de 2008 a junho de 2010, a precipitação pluviométrica total foi de 4.911 mm e a precipitação pluviométrica média e a temperatura média foram de 188,9 mm e 20,45^oC (Figura 19).

Na Unidade de Pesquisa encontram-se nove poços hídricos para medição dos níveis do lençol freático que foram instalados por Pozzobon (2009), dispostos sistematicamente, em três seções de 3 poços – seções P1, P2 e P3, paralelas à margem do rio (Figura 20).

Cada poço foi revestido por um tubo de PVC de 75 mm de diâmetro a aproximadamente 1 m de profundidade, perfurado a cada 10 cm em sentidos opostos para permitir a entrada e saída de água. Os poços estiveram tampados para evitar entrada de água e resíduos. Nestes, foi verificado quinzenalmente o nível de água do lençol freático, utilizando-se uma régua graduada.

Os valores dos níveis fluviométricos foram obtidos através da estação telemétrica do CEOPS (Centro de Operação do Sistema de Alerta da Bacia do Itajaí – FURB), localizada às margens do rio, a aproximadamente 2.000 m a montante da UP.

4.1.5 Acompanhamento do desenvolvimento das plantas

A cada seis meses foram mensurados a altura, o diâmetro e a projeção de copa de todos os indivíduos da Unidade de Espaçamento, e dos indivíduos centrais (espécies-alvo) da Unidade de Vizinhança, acompanhando-se a sobrevivência dos indivíduos em ambas as unidades.

4.2 Análises

4.2.1 Quantificação da serapilheira

Foram realizadas coletas mensais de serapilheira com coletores quadrados de 50 x 50 cm e fundo revestido por tela de sombrite, elevados a uma altura de 30 cm da superfície do solo (Figura 21). Na Unidade de Espaçamento, o período de coletas correspondeu ao mês de maio de 2008 até abril de 2010, enquanto na Unidade de Vizinhança, de maio de 2009 a abril de 2010. Os coletores foram dispostos aleatoriamente, em número de 15, em ambos os tipos de Unidades de Vizinhança e Espaçamento.



Figura 21. Dois dos 30 coletores (indicados pelas setas) de serapilheira dispostos da Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC. Foto: Mireli Müller.

A serapilheira acumulada nos coletores foi armazenada em sacos plásticos e identificada segundo o modelo de plantio, data de coleta e coletor de origem. A massa fresca foi medida através de balança digital. A massa seca das amostras de serapilheira foi obtida após a secagem do material em estufa a 60°C, até atingir massa constante. O material seco (Figura 22) foi dividido nas categorias: por espécie (cada saco com folhas provenientes de cada espécie), estruturas reprodutivas (sementes, flores e frutos), ramos (finos e grossos) e miscelânea (material mais decomposto que não foi possível identificar e resíduos de origem animal).

Foi realizada análise de regressão linear para verificar as relações entre os valores de deposição da serapilheira e os dados meteorológicos e nível do lençol freático.



Figura 22. Amostra de serapilheira seca coletada na Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC.

4.2.2 Decomposição da serapilheira

A fim de verificar a taxa de decomposição utilizou-se um método que se baseia na disposição de bolsas de decomposição e mensuração da massa do conteúdo das bolsas no início e final do período de estudo. As bolsas de decomposição foram confeccionadas com tela de Nylon (malha de 2 x 2 mm), com 20 x 25 cm. O conteúdo colocado dentro das bolsas foi 10 g de serapilheira seca colhida na área de estudo a cada dois meses de coleta (Figura 23). As bolsas foram fixadas nos mesmos 30 pontos coincidentes aos respectivos coletores de serapilheira (Figura 24) de origem.

Nas situações em que não houve material suficiente (10g de serapilheira) decorrente de coletas bimestrais a partir de um mesmo coletor, o saco de decomposição correspondente não foi disposto.

Ao final de 12 meses de disposição em campo, foram recolhidos os sacos de decomposição. Em laboratório, o material foi limpo para a remoção dos sedimentos depositados e após, foi submetido à secagem em estufa (60⁰C) para tomada da medida da massa seca.



Figura 23. Saco de decomposição contendo 10 g de serapilheira seca.



Figura 24. Coletor de serapilheira com sacos de decomposição (indicados pelas setas) amarrados ao suporte de PVC. Foto da Unidade de Pesquisa em Apiúna, em fevereiro de 2010. Foto: Mireli Müller.

Para averiguar a taxa de decomposição de serapilheira na UP foram realizadas análises de regressão linear, tendo o tempo como variável independente e biomassa remanescente como variável dependente. Em seguida, o mesmo tipo de regressão foi testado para verificar a correlação das taxas de decomposição com os dados meteorológicos.

Foram estimadas também as taxas de decomposição acumuladas para a serapilheira disposta a cada bimestre nas bolsas de decomposição. Para encontrar a taxa de decomposição, primeiramente foi calculada a média entre os valores obtidos a partir da razão entre as massas de material em cada saco de decomposição no mês inicial e do mês final, para cada intervalo de dois meses. A taxa de decomposição para cada período então foi igual a 1 (100%) menos a taxa de biomassa remanescente.

4.3 Análises de serapilheira

4.3.1 Determinação dos teores de carbono

O processo de separação de amostras ocorreu da seguinte forma: para cada coleta (mensal), o material foi agrupado em cinco porções, cada uma contendo o material proveniente de três coletores da Unidade de Espaçamento em Apiúna.

Todo o material contido nos sacos de papel – 60 amostras no total – foi identificado conforme o período de coleta e coletores de origem. As amostras de serapilheira foram encaminhadas para o Laboratório de Inventário Florestal, da Universidade Federal do Paraná (UFPR), para determinação dos teores de carbono.

A preparação das amostras para análise foi feita através da sua moagem completa até atingir-se a consistência de pó.

Para análise do teor total de carbono, foi utilizado o mesmo método que Marcene et al. (2006) que consta em combustão total da amostra do material sólido, em que se emprega o analisador de carbono marca LECO, modelo C-144, com software para registro digital dos resultados. Neste equipamento um sensor infravermelho detecta a quantidade de dióxido de carbono que é gerado na combustão, relacionando-a com a quantidade de carbono elementar da amostra.

4.3.2 Análise de nutrientes

Também foi realizada análise de nutrientes presentes em 60 amostras de serapilheira coletadas. Para isto foram enviadas amostras mensais de serapilheira acumulada em coletas durante um ano ao Laboratório de Análise de Tecidos Vegetais da Epagri do município de Caçador – SC. Em laboratório, seguiu-se a metodologia descrita pela EMBRAPA (1979).

4.4 Análises de carbono e nutrientes no solo

A coleta de solo para análise de carbono e nutrientes foi realizada utilizando-se um trado, com o qual foram retiradas uma amostra em cada uma das profundidades: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-70 cm e 70-80 cm.

Foram utilizados anéis volumétricos para verificar a densidade do solo e as amostras foram encaminhadas para a Epagri de Chapecó/ SC para realização das análises.

Para as análises em laboratório, foi seguida a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

4.3 Dados climáticos

Os dados acerca da precipitação pluviométrica e temperatura durante o período de estudo foram obtidos junto à Epagri – CIRAM, Florianópolis/ SC. A estação de origem dos dados está situada no município de Indaial, SC, Latitude 26°54'48" e Longitude: 49°16'02".

5 RESULTADOS

5.1 Acompanhamento do desenvolvimento das plantas

As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam os dados de sobrevivência e médias de alturas e diâmetros das árvores nas Unidades de Espaçamento e Vizinhança, resultante do acompanhamento das medições na Unidade de Pesquisa nos períodos antecedentes ao primeiro e ao segundo ano de coleta de serapilheira. Como as coletas de serapilheira na Unidade de Vizinhança foram realizadas somente no período de maio de 2009 a abril de 2010, para este modelo de plantio não são apresentados os dados referentes às medições realizadas em abril de 2008.

Tabela 2. Número de indivíduos por espécie e total, plantados em abril de 2006, vivos e mortos no período de avaliação, percentual de sobrevivência e médias das medidas de diâmetro (cm) e altura (cm) na Unidade de Pesquisa em Apiúna, plantio em espaçamento, período de abril de 2008. (informação verbal)¹

Espécie	Nº. de indivíduos plantados	Nº. de indivíduos vivos	Nº. de indivíduos mortos	Sobrevivência (%)	Média de altura (cm)	Média de diâmetro (cm)
<i>S. terebinthifolius</i>	50	46	4	92	353,16	55,94
<i>A. sericea</i>	50	40	10	80	395,83	59,72
<i>A.glandulosa</i>	50	45	5	90	429,77	69,88
<i>C. canjerana</i>	50	7	43	14	113,00	30,15
<i>I. marginata</i>	50	48	2	96	385,06	76,19
<i>A. Cacans</i>	50	35	15	70	487,59	76,20
<i>P. latifolia</i>	50	8	42	16	101,60	11,40
<i>C. vernalis</i>	50	21	29	42	115,86	14,43
<i>C. myrianthum</i>	50	49	1	98	697,64	115,02
<i>Total</i>	450	299	151	66	352,00	57,56

¹ Dados gentilmente cedidos pelo Biólogo MSc. Eduardo Zimmer, em 2010.

Tabela 3. Número de indivíduos por espécie e total, plantados em abril de 2006, vivos e mortos no período de avaliação, percentual de sobrevivência e médias das medidas de diâmetro (cm) e altura (cm) na Unidade de Pesquisa em Apiúna, plantio em espaçamento, período de abril de 2009 (informação verbal)².

Espécie	Nº. de indivíduos plantados	Nº. de indivíduos vivos	Nº. de indivíduos mortos	Sobrevivência (%)	Média de altura (cm)	Média de diâmetro (cm)
<i>S. terebinthifolius</i>	50	46	4	92	499,57	9,45
<i>A. sericea</i>	50	12	38	24	647,22	8,71
<i>A. glandulosa</i>	50	43	7	86	647,01	11,59
<i>C. canjerana</i>	50	0	50	0	-	-
<i>I. marginata</i>	50	29	21	58	699,21	11,05
<i>A. Cacans</i>	50	21	29	42	554,00	7,77
<i>P. latifolia</i>	50	3	47	6	78,75	1,65
<i>C. vernalis</i>	50	13	37	26	157,07	50,70
<i>C. myrianthum</i>	50	46	4	92	778,28	15,22
<i>Total</i>	450	213	237	47	527,82	15,68

Tabela 4. Dados de sobrevivência (%) e referentes às medições de diâmetro (cm) e altura (cm) na Unidade de Pesquisa em Apiúna, plantio em vizinhança, período de abril de 2009 (informação verbal)³.

Espécie	Nº. de indivíduos plantados	Nº. de indivíduos vivos	Nº. de indivíduos mortos	Sobrevivência (%)	Média de altura (cm)	Média de diâmetro (cm)
<i>I. marginata</i>	14	8	6	57	565,84	27,59
<i>A. Cacans</i>	14	5	9	36	682,50	27,00
<i>C. myrianthum</i>	14	6	8	43	1007,25	47,05
<i>Total</i>	42	19	23	57	700,50	30,28

5.2 Níveis fluviométricos

A Tabela 5 apresenta os registros sobre os níveis médios, mínimos e máximos do rio Itajaí-Açu, bem como as inundações sofridas pela Unidade de Pesquisa em Apiúna a partir da estação telemétrica do CEOPS, considerando como inundação níveis fluviométricos acima de 3,12 m.

² Idem 1.

³ Dados gentilmente cedidos pelo Biólogo MSc. Eduardo Zimmer, em 2010.

No período total de estudo, de maio de 2008 a junho de 2010, ocorreu um total de 27 inundações, com duração de 1 a 16 dias, em 13 meses de um total de 26. Os maiores níveis fluviométricos foram registrados em setembro de 2008 e abril de 2009.

Tabela 5. Parâmetros fluviométricos para o rio Itajaí-Açu em Apiúna – SC, registrados pela estação telemétrica do CEOPS/ FURB, situada a 2.000 m da Unidade de Pesquisa em Apiúna; inundações sofridas pela área (nível fluviométrico acima de 3,12 m) de janeiro de 2008 a junho de 2010.

Período	Nível médio (m)	Nível mínimo (m)	Nível máximo (m)	Número de eventos de inundações	Duração mínima das inundações (dias)	Duração máxima das inundações (dias)
Jan/2008	1,73	1,24	2,99	0	-	-
Fev/2008	1,76	1,21	2,96	0	-	-
Mar/2008	1,49	1,16	2,5	0	-	-
Abr/2008	1,43	0,98	2,73	0	-	-
Mai/2008	1,57	1,03	3,48	1	2	2
Jun/2008	1,36	1,04	2,47	0	-	-
Jul/2008	1,20	0,97	2,00	0	-	-
Ago/2008	1,31	1,01	1,71	0	-	-
Set/2008	1,68	0,91	3,72	1	3	3
Out/2008	3,28	1,30	4,60	2	4	16
Nov/2008	3,16	2,04	4,28	4	1	6
Dez/2008	1,46	1,08	2,04	0	-	-
Jan/2009	2,03	1,30	2,80	0	-	-
Fev/2009	1,68	1,10	2,38	0	-	-
Mar/2009	1,49	1,09	2,48	0	-	-
Abr/2009	1,04	0,88	1,67	0	-	-
Mai/2009	0,96	0,79	1,37	0	-	-
Jun/2009	0,98	0,83	1,37	0	-	-
Jul/2009	2,01	0,94	3,91	3	1	2

Ago/2009	2,38	1,37	4,24	2	2	7
Set/2009	2,82	1,33	5,48	3	1	16
Out/2009	3,04	1,75	4,38	2	7	10
Nov/2009	1,90	1,45	2,63	0	-	-
Dez/2009	1,91	1,37	2,94	0	-	-
Jan/2010	2,47	1,44	3,60	2	1	4
Fev/2010	1,73	1,39	2,05	0	-	-
Mar/2010	1,76	1,09	3,41	2	1	3
Abr/2010	2,40	1,13	5,65	1	9	9
Mai/2010	3,22	1,80	4,32	3	6	9
Jun/2010	1,90	1,40	3,25	1	1	1

5.3 Produção de serapilheira total e em frações

Nas Tabelas 6, 7 e 8 encontram-se as quantidades totais e mensais de serapilheira correspondentes à cada fração. As somas dos percentuais de cada espécie, apresentadas nas Tabelas 9 e 10, são relativas à fração folhas, tendo em vista que foi através desta fração que as espécies foram identificadas.

A produção de serapilheira total para a Unidade de Espaçamento foi de 2.537,99 g que consistiu em 6,77 t/ha no período de maio de 2008 a abril de 2009 (Tabela 6) e de 3.358,95 g (8,96 t/ha) no período de maio de 2009 a abril de 2010 (Tabela 7).

Por sua vez, na Unidade de Vizinhança obteve-se o total de serapilheira equivalente a 2.818,82 g (7,52 t/ha) no período compreendido de maio de 2009 a abril de 2010 (Tabela 8).

Conforme pode ser observado nas Tabelas 7 e 8, a proporção da contribuição de algumas espécies diminuiu muito na Unidade de Vizinhança, em relação àquela verificada na Unidade de Espaçamento, pelo fato de contar com o plantio de somente três espécies (*C. myrianthum*, *I. marginata* e *A. cacans*).

No primeiro ano, as frações folhas, ramos, estruturas reprodutivas e miscelânea representaram, respectivamente, 65,85%, 19,33%, 5,44% e 9,38% do total de serapilheira na Unidade de Espaçamento. No ano seguinte, as contribuições para as mesmas frações, neste

mesmo modelo de plantio, foram de 58,83%, 30,80%, 0,85% e 9,52%, respectivamente. As contribuições percentuais para cada espécie, folhas (soma das espécies), miscelânea, ramos e estruturas reprodutivas estão apresentadas na Tabela 9.

As frações folhas, ramos, estruturas reprodutivas e miscelânea representaram, respectivamente, 73,46%, 15,65 %, 0,39% e 10,51% do total de serapilheira obtido na Unidade de Vizinhança. As contribuições percentuais para cada espécie, folhas (soma das espécies) miscelânea, ramos e estruturas reprodutivas estão apresentados na Tabela 10.

Foi coletada junto à serapilheira formada pelas espécies cultivadas na Unidade de Pesquisa, serapilheira proveniente da espécie *Salix humboldtiana*, que possui alguns exemplares em área próxima à Unidade de Pesquisa.

A soma total de serapilheira produzida no segundo ano de coleta, nas Unidades de Espaçamento e Vizinhança, foi estimada em 8,24 t/ha/ano produzida em toda a Unidade de Pesquisa de Apiúna.

5.4 Variação temporal de serapilheira

A Unidade de Espaçamento produziu uma quantidade maior de serapilheira no mês de setembro (352,99 g) e menor em novembro (106,64 g) no primeiro ano de coleta e no segundo ano, maior e menor produção em setembro (676,38 g) e outubro (104,74 g), respectivamente. As espécies que contribuíram com maior quantidade de serapilheira neste modelo de plantio no primeiro ano de plantio foram *Cytharexylum myrianthum*, *Schinus terebinthifolius* e *Alchornea glandulosa*, cujos valores foram 361,72 g, 331,17 g e 308,30 g, respectivamente (Figura 25). No segundo ano, as espécies que contribuíram de forma mais significativa com o incremento total de serapilheira foram *Cytharexylum myrianthum*, *Alchornea glandulosa* e *Inga marginata*, com valores respectivos de 485,41 g, 463,64 g e 530,56 g, conforme pode ser verificado na figura 26.

Tabela 6. Massa seca total de serapilheira (g), por fração (espécie, miscelânea, estruturas reprodutivas e ramos) e mês de coleta na Unidade de Pesquisa em Apiúna, modelo de plantio espaçamento, no primeiro ano de coleta, de maio de 2008 a abril de 2009.

Espécies	Mai 2008	Jun 2008	Jul 2008	Ago 2008	Set 2008	Out 2008	Nov 2008	Dez 2008	Jan 2009	Fev 2009	Mar 2009	Abr 2009	Total /ano
<i>C. myrianthum</i>	48,54	64,55	35,85	20,10	16,50	15,78	16,27	11,40	39,45	32,37	15,19	45,72	361,72
<i>I. marginata</i>	2,32	5,93	2,32	32,27	64,81	20,60	6,76	11,04	2,00	13,56	12,85	10,17	184,63
<i>S. terebinthifolius</i>	9,29	14,96	8,69	62,04	65,68	18,78	9,27	7,08	15,99	48,81	24,35	46,23	331,17
<i>S. humboldtiana</i>	33,67	34,87	34,29	0,00	0,00	0,00	0,00	11,63	5,58	49,59	14,24	35,78	219,65
<i>A. cacans</i>	3,30	6,81	3,73	0,00	0,00	0,00	6,71	3,70	14,64	8,49	18,50	4,40	70,28
<i>A. sericea</i>	1,78	0,43	0,00	9,00	6,00	3,50	1,63	3,51	17,29	0,00	0,00	0,00	43,14
<i>A. Glandulosa</i>	4,73	22,64	31,06	25,00	23,04	26,08	3,74	18,92	17,96	34,99	27,05	73,09	308,30
<i>C. vernalis</i>	0,00	4,79	0,00	0,00	14,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,32
<i>C. canjerana</i>	0,00	8,41	2,99	11,69	17,89	6,34	0,00	3,75	5,60	10,18	6,23	14,57	87,65
<i>P. latifolia</i>	0,00	18,73	0,54	0,00	0,00	0,00	0,000	8,51	10,39	2,54	3,47	1,20	45,38
Miscelânea	1,93	16,65	2,45	58,72	31,99	14,60	9,79	13,66	32,11	21,33	20,33	14,61	238,17
Ramos	3,61	25,29	12,77	83,43	86,55	34,60	33,71	23,39	38,29	47,92	37,90	63,05	490,51
Estruturas reprodutivas	8,08	9,02	1,29	23,25	26,00	16,40	18,76	20,59	0,00	6,28	2,10	6,30	138,07
Total	117,25	233,08	135,98	325,50	352,99	156,68	106,64	137,18	199,30	276,06	182,21	315,12	2537,99

Tabela 7. Massa seca total de serapilheira (g), por fração (espécie, miscelânea, estruturas reprodutivas e ramos) e mês de coleta na Unidade de Pesquisa em Apiúna, modelo de plantio espaçamento, no segundo ano de coleta, de maio de 2009 a abril de 2010.

Espécies	Mai 2009	Jun 2009	Jul 2009	Ago 2009	Set 2009	Out 2009	Nov 2009	Dez 2009	Jan 2010	Fev 2010	Mar 2010	Abr 2010	Total/ ano
<i>C. myrianthum</i>	60,32	118,76	80,16	131,79	0,28	0,70	10,08	14,55	16,77	14,13	21,37	16,50	485,41
<i>I. marginata</i>	18,94	9,23	3,82	6,68	11,37	33,41	264,89	20,26	54,41	80,50	13,66	13,39	530,56
<i>S. terebinthifolius</i>	2,42	7,35	2,52	5,94	2,16	2,10	8,08	9,42	10,15	23,43	12,53	6,01	92,11
<i>S. humboldtiana</i>	18,95	72,69	44,01	3,52	0,13	1,08	34,87	21,94	34,77	67,88	22,69	46,84	369,37
<i>A. cacans</i>	18,00	0,35	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	18,94
<i>A. sericea</i>	0,00	0,00	1,13	0,56	5,14	4,37	3,72	0,51	0,79	0,00	0,00	0,00	16,22
<i>A. glandulosa</i>	16,97	22,19	3,36	5,74	13,63	47,14	164,74	11,90	31,88	79,67	31,08	35,34	463,64
Miscelânea	10,74	10,73	10,28	46,77	47,89	10,31	54,56	25,56	37,36	39,03	15,15	11,44	319,82
Ramos	10,24	19,33	4,86	47,83	595,31	5,17	101,18	47,19	71,74	68,23	31,54	31,81	1034,4
Estruturas Reprodutivas	8,83	3,17	1,44	1,76	0,47	0,46	1,3	3,24	3,67	3,63	0,34	0,14	28,45
Total	165,41	263,80	151,72	250,59	676,38	104,74	643,42	154,47	261,54	376,95	148,36	161,47	3358,95

Tabela 8. Massa seca total de serapilheira (g), por fração (espécie, miscelânea, estruturas reprodutivas e ramos) e mês de coleta na Unidade de Pesquisa em Apiúna, modelo de plantio vizinhança, no segundo ano de coleta, de maio de 2009 a abril de 2010.

Espécie	Mai 2009	Jun 2009	Jul 2009	Ago 2009	Set 2009	Out 2009	Nov 2009	Dez 2009	Jan 2010	Fev 2010	Mar 2010	Abr 2010	Total/ ano
<i>C. myrianthum</i>	105,45	196,65	79,65	85,76	0,36	3,86	14,19	9,74	12,12	27,73	38,39	12,08	585,98
<i>I. marginata</i>	18,41	21,71	3,70	8,72	4,67	55,84	479,13	73,74	91,02	119,42	70,55	33,54	980,45
<i>S. terebinthifolius</i>	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,32	0,26	0,49	0,09	1,31
<i>S. humboldtiana</i>	22,49	43,37	18,14	1,91	0,62	14,03	84,13	33,34	70,65	135,58	35,34	23,79	483,39
<i>A. cacans</i>	0,00	0,93	2,09	2,71	0,00	1,85	0,00	0,74	0,00	0,00	0,00	0,59	8,91
<i>A. sericea</i>	0,00	0,00	0,00	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68
<i>A. glandulosa</i>	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,76	0,36	1,56	6,13	0,00	9,92
Miscelânea	4,47	9,97	8,00	20,49	2,37	17,39	64,39	37,14	51,1	42,44	21,46	16,94	296,16
Ramos	7,7	12,67	3,95	22,92	32,09	8,61	114,74	71,57	70,37	65,12	25,11	6,30	441,15
Estruturas Reprodutivas	0,53	0,88	0,15	0,10	0,00	0,29	1,62	1,92	1,18	1,55	2,00	0,65	10,87
Total	159,16	286,18	115,68	143,44	40,11	101,87	758,2	229,95	297,12	393,66	199,47	93,98	2818,82

Tabela 9. Contribuições percentuais das diferentes frações compostas pelas espécies, ramos, estruturas reprodutivas e miscelânea, no total de serapilheira depositada na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna, em dois anos de coletas.

Contribuição por fração na composição da serapilheira (%)		
Fração/ Período	Maio de 2008 a abril de 2009	Maio de 2009 a abril de 2010
<i>Cytharexylum myrianthum</i>	14,25	14,45
<i>Inga marginata</i>	7,27	15,80
<i>Schinus terebinthifolius</i>	13,05	2,74
<i>Salix humboldtiana</i>	8,65	11,00
<i>Annona cacans</i>	2,77	0,56
<i>Annona sericea</i>	1,70	0,48
<i>Alchornea glandulosa</i>	12,15	13,80
<i>Cabrlea canjerana</i>	3,45	0,00
<i>Posoqueria latifolia</i>	1,79	0,00
<i>Cupania vernalis</i>	0,76	0,00
Folhas	65,84	58,83
Miscelânea	9,38	9,52
Ramos	19,33	30,80
Estruturas reprodutivas	5,44	0,85

Tabela 10. Contribuições percentuais das diferentes frações compostas pelas espécies, ramos, estruturas reprodutivas e miscelânea, no total de serapilheira depositada na Unidade de Vizinhança da Unidade de Pesquisa em Apiúna, em um ano de coletas.

Contribuição (em %) no total de serapilheira	
Fração/ Período	Maio de 2009 a abril de 2010
<i>Cytharexylum myrianthum</i>	20,79
<i>Inga marginata</i>	34,78
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,05
<i>Salix humboldtiana</i>	17,15
<i>Annona cacans</i>	0,32
<i>Annona sericea</i>	0,02
<i>Alchornea glandulosa</i>	0,35
Folhas	73,46

Miscelânea	10,51
Ramos	15,65
Estruturas reprodutivas	0,39

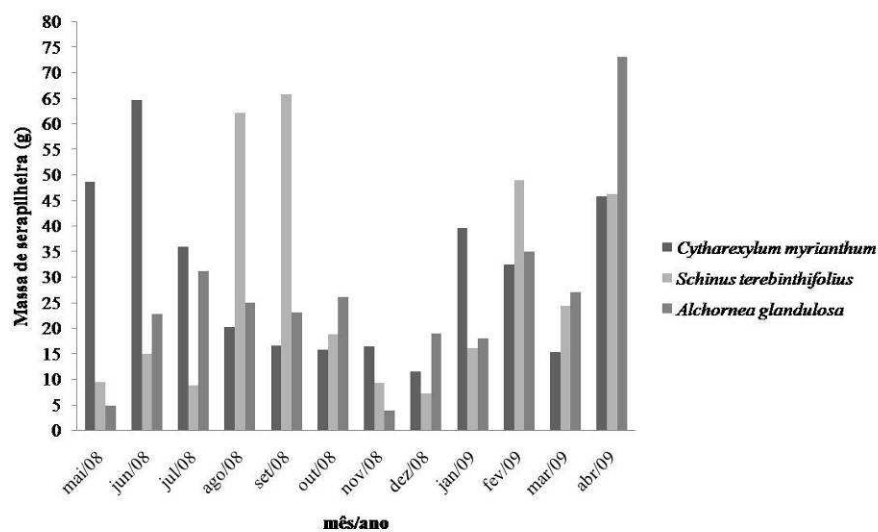


Figura 25. Produção mensal de serapilheira (g) para as três espécies que apresentaram maior contribuição no valor total de serapilheira para o primeiro ano de estudo na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna.

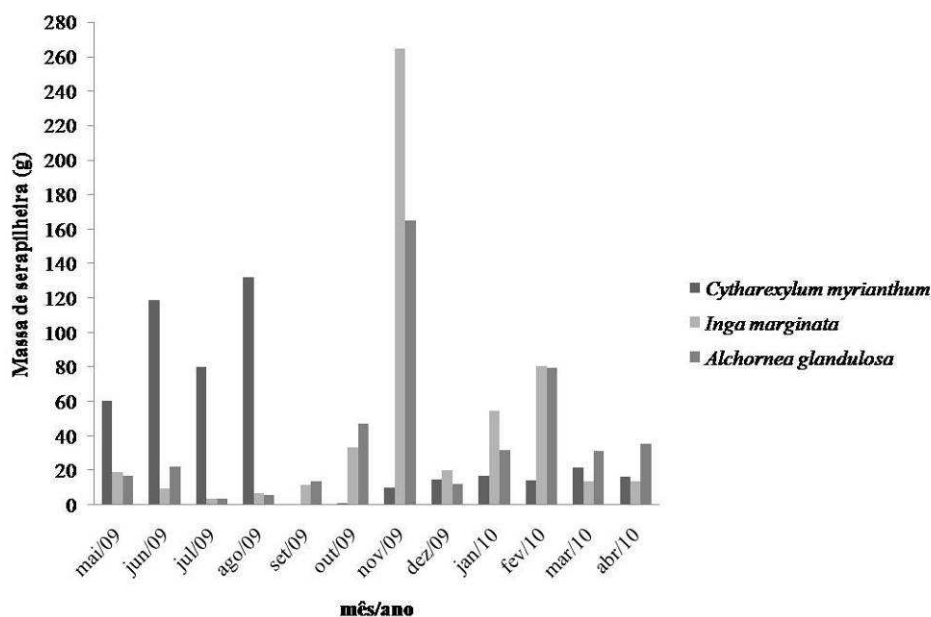


Figura 26. Produção mensal de serapilheira (g) para as três espécies que apresentaram maior contribuição no valor total de serapilheira para o segundo ano de estudo na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna.

Na Unidade de Vizinhança, a maior produção de serapilheira foi verificada em novembro (758,2 g) e a menor em setembro (40,11 g), em 2009. As espécies *Cytharexylum myrianthum*, *Inga marginata* e *Salix humboldtiana* foram as que contribuíram com maiores quantidades de material durante o período na Unidade de Vizinhança (Figura 27) com 585,98 g, 980,45 g e 483,39 g, respectivamente.

Ao ser realizada a análise de regressão linear, não foi observada correlação entre a produção de serapilheira e os valores de precipitação, temperatura e nível do lençol freático para ambas as Unidades de Espaçamento e Vizinhança.

A maior produção de serapilheira no primeiro ano na UE ocorreu no mês em que as precipitações pluviométricas foram de 102,2 mm em agosto e 153,5 mm em setembro (Figura 28). Esta maior produção esteve relacionada a um dos períodos de menor temperatura média, de 17,24⁰C (Figura 29). A menor produção de serapilheira na UE para este período foi no mês em que houve a maior precipitação pluviométrica, de 598,1 mm e a temperatura média foi de 21,1⁰C (Figuras 28 e 29).

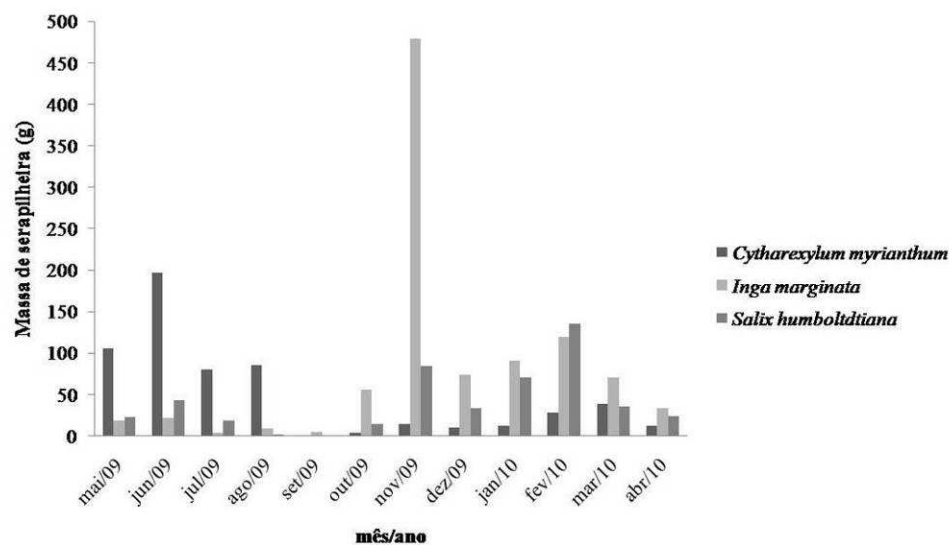


Figura 27. Produção mensal de serapilheira (g) para as três espécies que apresentaram maior contribuição no valor total de serapilheira para a Unidade de Vizinhança da Unidade de Pesquisa em Apiúna.

A maior produção de serapilheira no segundo ano, na UE, ocorreu no mês de maior precipitação (289,5 mm) e a menor, no mês seguinte (Figura 28). Na UV, a quantidade menor produzida foi observada em setembro (Figura 30), ao contrário do observado na UE, e a maior produção, coincidiu com o período em que a temperatura média mensal foi mais elevada (24,82⁰C) (Figura 31) e houve uma das maiores precipitações pluviométricas (203,8 mm).

Os poços hídricos estiveram dispostos a um metro de profundidade, assim, de acordo com os gráficos que relacionam as produções de serapilheira e o nível do lençol freático (Figuras 32 e 33), subtraindo-se o nível do lençol freático de 1, obtém-se a que profundidade do solo estava o lençol freático. Não foi observada correlação entre os dados de produção de serapilheira e do nível do lençol freático, porém pode-se observar uma tendência a uma resposta inversa das plantas, na qual, na medida em que se verificam níveis médios mais elevados do lençol freático (média mensal entre os níveis encontrados nos 9 poços hídricos) na maioria dos meses, também decréscimo nas produções de serapilheira (Figuras 32 e 33).

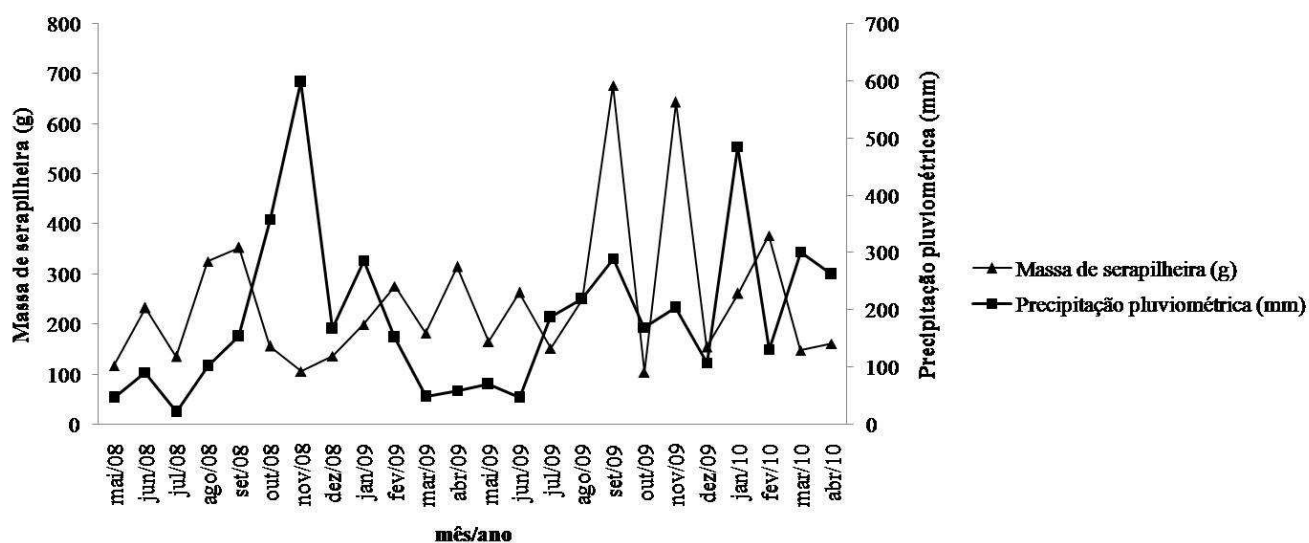


Figura 28. Variação mensal na massa seca total (g) da serapilheira no período de maio de 2008 a abril de 2010 na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna em conformidade com os totais mensais de precipitação pluviométrica (mm). Dados de precipitação cedidos pela Epagri/Ciram/Inmet, estação Indaial SC. Latitude: 26°54'48", Longitude: 49°16'02".

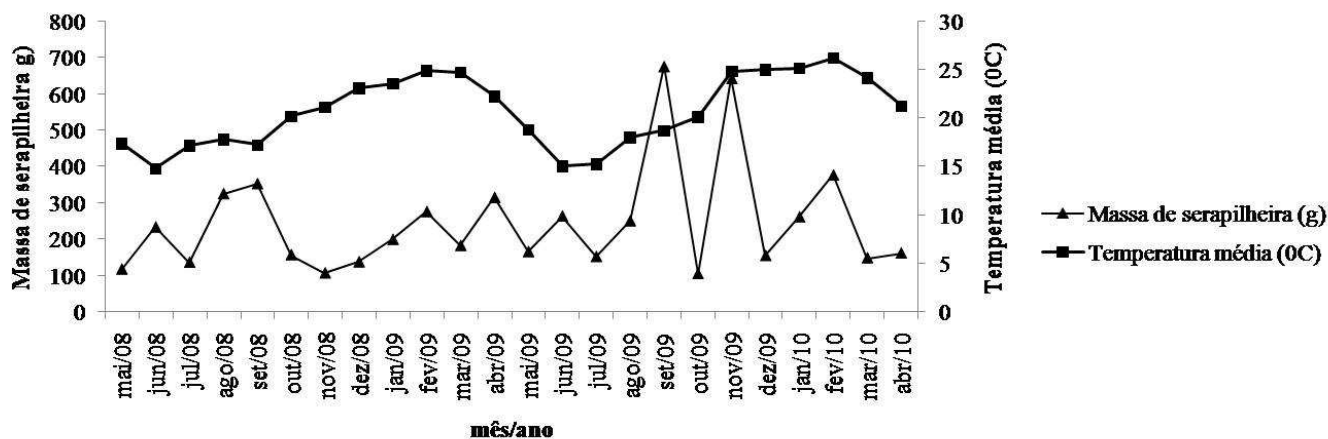


Figura 29. Variação mensal na massa seca total (g) da serapilheira no período de maio de 2008 a abril de 2010 na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna em conformidade com as temperaturas médias mensais (°C). Dados de temperatura cedidos pela Epagri/Ciram/Inmet, estação Indaial SC. Latitude: 26°54'48", Longitude: 49°16'02".

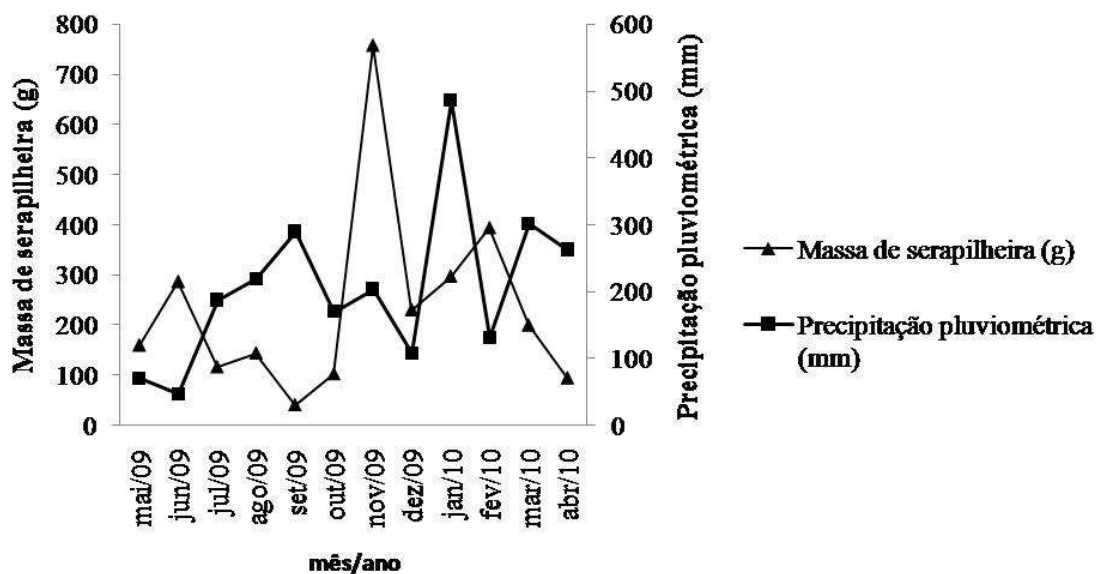


Figura 30. Variação mensal na massa seca total (g) da serapilheira no período de maio de 2009 a abril de 2010 na Unidade de Vizinhança da Unidade de Pesquisa em Apiúna em conformidade com os totais mensais de precipitação pluviométrica (mm). Dados de precipitação cedidos pela Epagri/Ciram/Inmet, estação Indaial SC. Latitude: 26°54'48", Longitude: 49°16'02".

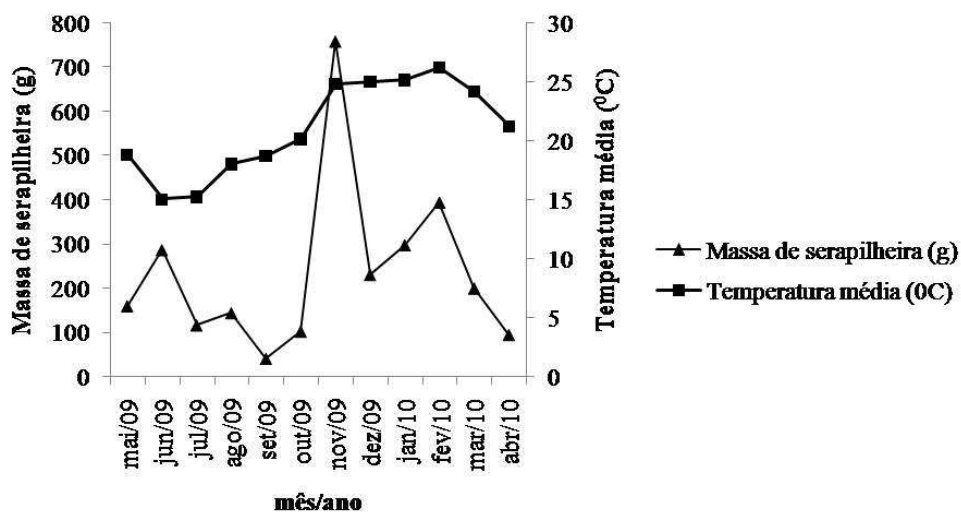


Figura 31. Variação mensal na massa seca total (g) da serapilheira no período de maio de 2009 a abril de 2010 na Unidade de Vizinhança da Unidade de Pesquisa em Apiúna em conformidade com as temperaturas médias mensais (°C). Dados de temperaturas cedidos pela Epagri/Ciram/Inmet, estação Indaial SC. Latitude: 26°54'48", Longitude: 49°16'02".

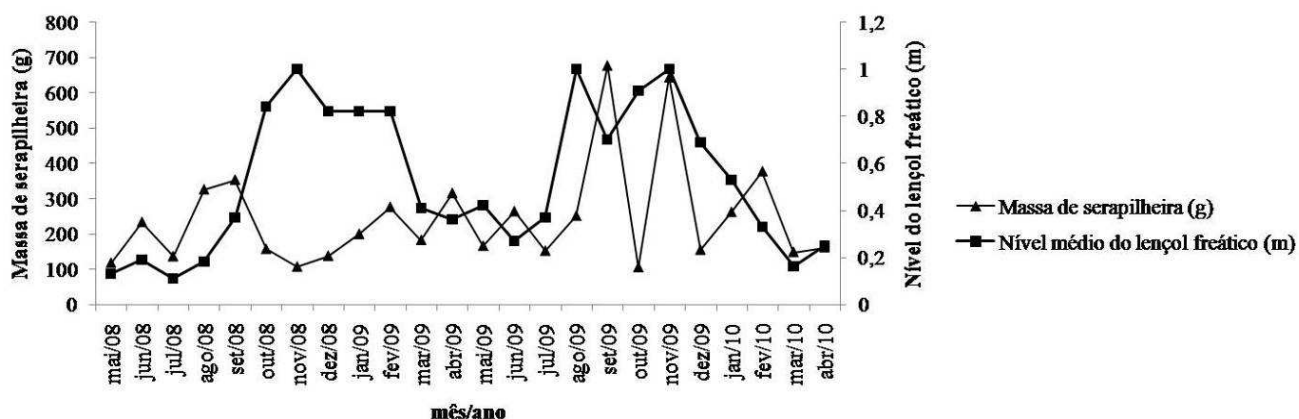


Figura 32. Variação mensal na massa seca total (g) da serapilheira no período de maio de 2008 a abril de 2010 na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna em conformidade com os níveis médios do lençol freático (m) na Unidade de Pesquisa.

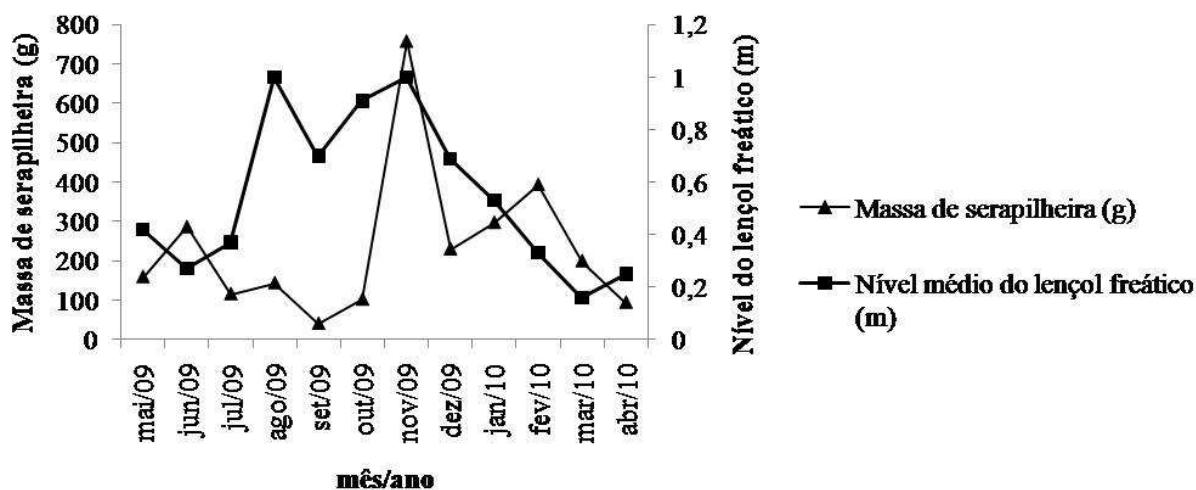


Figura 33. Variação mensal na massa seca total (g) da serapilheira no período de maio de 2009 a abril de 2010 na Unidade de Vizinhança da Unidade de Pesquisa em Apiúna em conformidade com os níveis médios do lençol freático (m) na Unidade de Pesquisa.

5.5 Taxa de decomposição da serapilheira

A serapilheira proveniente da Unidade de Espaçamento, a qual ficou disposta durante o período de tempo de 12 meses, teve uma perda 82,75% de sua biomassa e aquela da Unidade de Vizinhança 79,74%.

A partir da análise de regressão linear, foram obtidas as equações que relacionam as quantidades de biomassa de serapilheira remanescente em cada um dos sacos de decomposição ao longo do tempo nas Unidades de Espaçamento (Figura 34) e Vizinhaça (Figura 35).

A equação obtida para a Unidade de Espaçamento referente à Biomassa remanescente (g) = $10,267636 - 0,750621.T$, em que T é o tempo obteve bom ajuste, na qual que $r^2=0,89$. O tempo estimado para que seja decomposto todo o material depositado nesta Unidade é de 13,7 meses e a equação de regressão indica que a taxa de decomposição média foi de cerca de 25% para cada intervalo de dois meses.

Para a Unidade de Vizinhaça, a equação obtida (Biomassa remanescente (g) = $10,34949 - 0,7304283 . T$) também atingiu bom ajuste, sendo $r^2=0,85$. Para este modelo de plantio, a taxa de decomposição média encontrada foi de cerca de 28% para cada intervalo de 2 meses. Estimou-se um período total de 14,3 meses para decomposição de toda serapilheira depositada na área.

Assim, o tempo estimado para decomposição de toda a serapilheira depositada na Unidade de Espaçamento da UP em Apiúna, foi muito próximo ao tempo estimado para a Unidade de Vizinhaça.

Os cálculos das taxas de decomposição bimestrais mostraram que os maiores valores obtidos foram para o material do saco que foi disposto no segundo bimestre, que correspondem aos meses de agosto e setembro de 2009, enquanto as menores taxas de decomposição foram obtidas para os 3 últimos sacos (Tabela 11). Porém, de acordo com a metodologia utilizada, estes dados demonstram que a taxa de decomposição tende a aumentar com o tempo, sofrendo redução no último período (bimestre).

Ao sobrepor os dados meteorológicos de precipitação pluviométrica e temperaturas médias, não foram verificadas tendências a aumento ou redução nas taxas de decomposição conforme as condições climáticas (Tabela 12), isto porque, os dados de clima não possuem tendências lineares, o que impossibilitou o ajuste aos dados de decomposição.

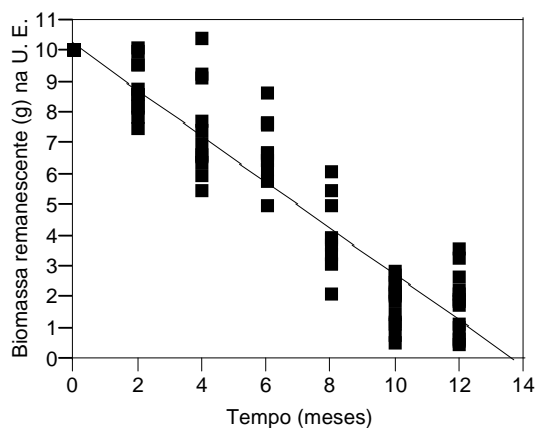


Figura 34. Regressão dos dados de quantidade (g) de biomassa remanescente nos sacos de decomposição depositados na U.E. (Unidade de Espaçamento) em função do tempo (meses) ao longo de um ano com intervalos de 2 meses ($p < 0,0001$).

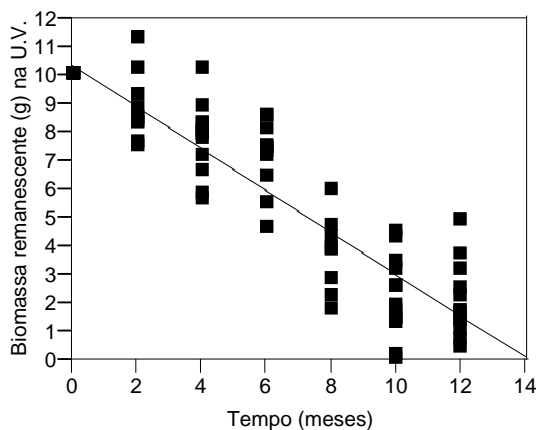


Figura 35. Regressão dos dados de quantidade (g) de biomassa remanescente nos sacos de decomposição depositados na UV (Unidade de Vizinhança) em função do tempo (meses) ao longo de um ano com intervalos de 2 meses ($p < 0,0001$).

Tabela 11. Taxas de decomposição obtidas para cada intervalo de dois meses de disposição dos sacos de decomposição nas Unidades de Espaçamento e Vizinhança da Unidade de Pesquisa em ambiente fluvial em Apiúna, SC.

Número do saco	Período de disposição	Número de meses de disposição	Taxa de decomposição na UE	Taxa de decomposição na UV
----------------	-----------------------	-------------------------------	----------------------------	----------------------------

1	06/2009 – 06/2010	12	0,41	0,31
2	08/2009 – 06/2010	10	0,54	0,71
3	10/2009 – 06/2010	08	0,41	0,49
4	12/2009 – 06/2010	06	0,29	0,13
5	02/2010 – 06/2010	04	0,22	0,14
6	04/2010 – 06/2010	02	0,09	0,15

Devido à metodologia utilizada, as taxas de decomposição apresentadas na Tabela 11, devem ser consideradas na ordem de baixo para cima, ou seja, do saco número seis até o saco número 1. Isto porque, apesar de ter sido disposto ao período final do experimento, o saco número seis representa a taxa inicial de decomposição da serapilheira, tendo em vista que ficou disposto somente durante um bimestre e o material colocado inicialmente estava intacto, enquanto o saco número um ficou disposto durante um ano na Unidade de Pesquisa.

Tabela 12. Taxas de decomposição obtidas para cada intervalo de disposição das bolsas de decomposição nas Unidades de Vizinhança (UV) e Espaçamento (UE) na Unidade de Pesquisa em Apiúna, e dados de precipitação total (mm) e temperaturas médias ($^{\circ}\text{C}$) para cada intervalo de tempo correspondente.

Período	Precipitação total (mm)	Temperatura média ($^{\circ}\text{C}$)	Taxa de decomposição na UE	Taxa de decomposição na UV
jul/09 – ago/09	406	16,7	0,41	0,31
set/09 – out/09	459,5	19,4	0,54	0,71
nov/09 – dez/09	311,5	24,9	0,41	0,49
jan/09 – fev/10	616,4	25,7	0,29	0,13
mar/10 – abr/10	563,9	22,7	0,22	0,14
mai/10 – jun/10	351,3	17,4	0,09	0,15

5.6 Análises químicas da serapilheira

5.6.1 Carbono na serapilheira

Realizando-se análises em 60 amostras de serapilheira provenientes da Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna, obteve-se uma média anual entre os coletores, de 42,25 % de carbono por amostra de serapilheira (Tabela 13), mostrando-se, o conteúdo de carbono na serapilheira, praticamente invariável entre os meses de estudo.

Tabela 13. Médias mensais e média anual das quantidades de carbono (%) presentes na massa seca das amostras de serapilheira obtidas de maio de 2008 a abril de 2009 na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna – SC.

Período	Média de carbono (%) nas amostras
Maio/2008	42,345
Junho/2008	42,324
Julho/2008	41,754
Agosto/2008	42,122
Setembro/2008	41,990
Outubro/2008	42,303
Novembro/2008	39,801
Dezembro/2008	42,031
Janeiro/2009	43,549
Fevereiro/2009	43,408
Março/2009	42,151
Abril/2009	43,178
Anual	42,246

5.6.2 Nutrientes minerais na serapilheira

Em ordem decrescente de concentração, os nutrientes analisados na serapilheira obtida na Unidade de Pesquisa estão distribuídos da seguinte forma: N>Ca>K>Mg>P>Fe>Mn>B>Zn>Cu (Tabela 14) .

Nas Tabelas 15 e 16 encontram-se os valores estimados de aporte de macro e micronutrientes, respectivamente, em cada mês e anual, para o primeiro ano de coleta na Unidade de Espaçamento, de maio de 2008 a abril de 2009, considerando-se a produção total de serapilheira, em kg.ha⁻¹, para cada período.

Os maiores aportes de todos os macronutrientes estiveram relacionados a picos de produção de serapilheira, e os menores aportes, a meses de menores produções.

Zn e Fe apresentaram menores aportes relacionados a meses de menores deposições de serapilheira. Mn, Zn e Cu e Mg tiveram os períodos de maior aporte relacionados a meses em que houveram maiores produções de serapilheira.

A partir das análises realizadas pôde ser calculada a relação C/N na serapilheira coletada, que é apresentada na Tabela 17.

A média na relação C/N na serapilheira coletada durante um ano correspondeu a a 24:1.

Tabela 14. Médias mensais e anuais das quantidades de nutrientes ($\text{g.Kg}^{-1}\text{MS}$ e $\text{mg.Kg}^{-1}\text{MS}$) de serapilheira, coletada de maio de 2008 a abril de 2009 na Unidade de Espaçamento em Apiúna.

Período	N ($\text{g.Kg}^{-1}\text{MS}$)	P ($\text{g.Kg}^{-1}\text{MS}$)	K ($\text{g.Kg}^{-1}\text{MS}$)	Ca ($\text{g.Kg}^{-1}\text{MS}$)	Mg ($\text{g.Kg}^{-1}\text{MS}$)	Fe ($\text{mg.Kg}^{-1}\text{MS}$)	Mn ($\text{mg.Kg}^{-1}\text{MS}$)	Zn ($\text{mg.Kg}^{-1}\text{MS}$)	Cu ($\text{mg.Kg}^{-1}\text{MS}$)	B ($\text{mg.Kg}^{-1}\text{MS}$)
Mai/2008	13,78	1,08	7,34	19,84	3,84	237,00	385,60	70,80	8,20	89,20
Jun/2008	14,82	0,92	4,08	21,14	3,86	227,60	217,20	58,00	6,00	92,40
Jul/2008	18,06	1,08	3,04	20,70	3,54	242,80	162,00	55,80	8,20	102,80
Ago/2008	16,80	1,04	7,28	19,80	3,92	136,60	166,00	54,20	4,20	96,80
Set/2008	17,66	0,86	4,30	19,08	2,78	152,80	153,80	37,20	3,20	103,20
Out/2008	16,28	0,64	6,16	16,76	2,24	479,60	173,00	47,00	0,80	96,00
Nov/2008	18,26	1,12	5,24	17,94	2,76	1162,40	313,20	42,00	3,00	97,40
Dez/2008	21,76	1,00	6,30	15,10	2,76	704,40	307,80	30,60	0,80	52,00
Jan/2009	18,34	0,70	3,96	13,92	2,72	462,60	599,40	51,00	2,20	64,60
Fev/2009	20,22	1,06	5,66	10,82	2,56	437,80	528,60	61,20	1,60	34,00
Mar/2009	17,42	1,18	5,68	15,46	3,54	381,20	615,80	47,00	1,20	35,60
Abr/2009	17,44	1,20	6,24	13,26	2,96	349,40	772,00	66,40	7,80	28,00
Anual	17,57	0,99	5,44	16,99	3,12	414,52	366,20	51,77	3,93	74,33

Tabela 15. Aporte mensal e anual de macronutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) estimado para a Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna, de maio de 2008 a abril de 2009.

Período	N ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	P ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	K ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Ca ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Mg ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
Mai/08	4,31	0,34	2,29	6,20	1,20
Jun/08	9,21	0,57	2,54	13,14	2,40
Jul/08	6,55	0,39	1,10	7,51	1,28
Ago/08	14,58	0,90	6,32	17,19	3,40
Set/08	16,62	0,81	4,05	17,96	2,62
Out/08	6,80	0,27	2,57	7,00	0,94
Nov/08	5,19	0,32	1,49	5,10	0,78
Dez/08	7,96	0,37	2,30	5,52	1,01
Jan/09	9,75	0,37	2,10	7,40	1,45
Fev/09	14,89	0,78	4,17	7,97	1,88
Mar/09	8,46	0,57	2,75	7,51	1,72
Abr/09	14,66	1,01	4,77	11,14	2,49
Anual	118,91	6,70	42,23	114,95	21,14

Tabela 16. Aporte mensal e anual de micronutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) estimado para a Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna, de maio de 2008 a abril de 2009.

Período	Fe ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Mn ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Zn ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Cu ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	B ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)
Mai/08	0,07	0,16	0,02	0,0026	0,03
Jun/08	0,14	0,13	0,04	0,0037	0,03
Jul/08	0,09	0,06	0,02	0,0030	0,04
Ago/08	0,12	0,14	0,05	0,0036	0,08
Set/08	0,14	0,14	0,04	0,0030	0,10
Out/08	0,20	0,07	0,02	0,0003	0,04
Nov/08	0,33	0,09	0,01	0,0009	0,03
Dez/08	0,26	0,11	0,01	0,0003	0,02
Jan/09	0,25	0,32	0,03	0,0012	0,03
Fev/09	0,32	0,39	0,05	0,0012	0,03
Mar/09	0,19	0,30	0,02	0,0006	0,02
Abr/09	0,29	0,65	0,06	0,0066	0,02
Anual	2,81	2,48	0,35	0,0266	0,50

Tabela 17. Quantidade média de carbono (C em $\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}\text{MS}$) e de nitrogênio (N em $\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}\text{MS}$) contida na biomassa depositada entre maio de 2008 e abril de 2009 na Unidade de Espaçamento da Unidade de Pesquisa em Apiúna, SC.

Elemento			
Período	N ($\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}\text{MS}$)	C ($\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}\text{MS}$)	C/N

Maio/2008	13,78	422,50	31
Junho/2008	14,82	422,50	28
Julho/2008	18,06	422,50	23
Agosto/2008	16,80	422,50	25
Setembro/2008	17,66	422,50	24
Outubro/2008	16,28	422,50	26
Novembro/2008	18,26	422,50	23
Dezembro/2008	21,76	422,50	19
Janeiro/2009	18,34	422,50	23
Fevereiro/2009	20,22	422,50	21
Março/2009	17,42	422,50	24
Abril/2009	17,44	422,50	24
Anual	17,57	422,50	24

5.7 Carbono e nutrientes no solo

Os maiores teores de carbono (C), fósforo (P) e potássio (K) foram obtidos para a camada mais superficial do solo, de 0 a 10 cm (Tabela 18).

Tabela 18. Teores de carbono (C) e nutrientes no solo, na Unidade de Pesquisa em Apiúna, em diferentes profundidades.

Profundidade (cm)	C (%)	C/N	P (mg/dm ³)	K (mg/dm ³)	Al (cmolc/dm ³)	Ca+Mg (cmolc/dm ³)
0-10	1,91	2	5,5	143	0,0	10,0
10-20	1,51	2	5,0	85	0,4	8,2
20-30	0,93	1	4,0	53	0,0	7,2
30-40	0,52	1	3,5	44	0,0	5,8
40-50	0,35	0	3,0	40	0,0	4,0
50-60	0,46	0	2,5	42	0,0	7,0
60-70	0,46	0	2,4	40	0,9	9,4
70-80	0,35	0	2,5	32	0,5	3,4

6 DISCUSSÃO

6.1 Serapilheira total e suas frações

As maiores contribuições de serapilheira neste estudo, foram da fração foliar, estando de acordo com a afirmação de Figueiredo Filho et al. (2003), segundo o qual a fração folhas é responsável por mais de 50% da serapilheira que é produzida em uma floresta. Outros estudos também mostraram resultados que corroboram com estes, como por exemplos, os de Arato et al. (2003) em um sistema agroflorestal em Visçosa, MG, os autores obtiveram 67,46% do total de serapilheira para a fração folhas; Barbosa e Faria (2006), em diferentes estágios sucessionais florestais na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ, no qual verificaram maior contribuição da mesma fração, com 72,4% da biomassa total em floresta avançada e 66,5% na floresta intermediária; Nunes e Pinto (2007), com 67,5% de fração folhas em serapilheira de floresta aluvial nativa em uma mata mesófila semi-decídua e 69,4% em floresta aluvial reflorestada no alto São Francisco, MG e Pereira et al.(2008), obtiveram, em um fragmento de floresta atlântica 66% da biomassa de serapilheira composta por folhas.

A contribuição da fração ramos no total de serapilheira, como segunda fração que contribuiu com maior percentual no total de serapilheira, deu-se principalmente pelo fato de que, menores quantidades de ramos podem apresentar massas superiores às das folhas, por isso em alguns casos suas quantidades são mais significativas que as das folhas de algumas espécies. Eventos como fortes ventos e chuvas, pela sua ação mecânica, tendem a aumentar a quantidade de ramos que caem, compondo a serapilheira.

Outros trabalhos também relatam que a fração ramos (ou galhos) é a segunda maior contribuição percentual nos totais de serapilheira produzida, como relatado por Pereira et al.(2008), em um fragmento de floresta atlântica em que observaram que os mesmos contribuíam com 21%. Entretanto, Arato et al. (2003) em um sistema agroflorestal em Visçosa, MG, obtiveram percentual maior de material reprodutivo, com valores percentuais de 19,87, enquanto a contribuição da fração ramos foi de 12,67%.

Em geral, o percentual que representa a menor contribuição percentual no total de serapilheira, é aquele que compõe o material reprodutivo, conforme relatado por Nunes e Pinto (2007) em floresta aluvial nativa em uma mata mesófila semi-decídua e floresta aluvial reflorestada no alto São Francisco, MG, com 19,1% na floresta aluvial nativa em uma mata mesófila semi-decídua e 23,3% em floresta aluvial reflorestada e Pereira et al.(2008) em um fragmento de floresta atlântica, em que esta contribuição foi de 5%. Calvi et al.(2009), em área de Floresta Atlântica secundária antiga, constataram que 7,33% do total de serapilheira aportada em média nos dois anos de coleta, constituíram-se em material reprodutivo. Para floresta secundária, a porcentagem de material reprodutivo foi de 4,4%. Os autores afirmam que esta variação pode estar relacionada ao tipo de frutos e sementes presentes em cada área.

Quanto às espécies que apresentaram maiores contribuições no aporte de serapilheira na Unidade de Pesquisa, no presente estudo, deveu-se ao maior crescimento e às taxas de sobrevivência. No mês anterior ao início de cada um dos dois anos de coletas, *Cytharexylum myrianthum*, *Schinus therebinthifolius*, *Alchornea glandulosa* e *Inga marginata* foram aquelas que apresentaram os maiores valores de sobrevivência. *Inga marginata* e *Cytharexylum myrianthum* também estiveram entre as espécies que apresentaram as maiores médias de diâmetro, sendo que os indivíduos da espécie *Cytharexylum myrianthum* foram aqueles que apresentaram uma média de crescimento em altura superior às demais espécies.

Para a espécie *Cabralea canjerana*, na Unidade de Espaçamento, no segundo ano de coleta, a produção de serapilheira foi nulo, devido à mortalidade dos indivíduos dessa espécie. *Posoqueria latifolia* foi a segunda espécie com menor percentual de sobrevivência e não foi coletada serapilheira proveniente dessa espécie no período de maio de 2009 a abril de 2010. De uma forma geral, as espécies cujo percentual de sobrevivência aumentou ou se manteve o mesmo para o segundo ano de coleta, com relação ao primeiro, tiveram aumento nos seus valores de contribuição no aporte total de serapilheira, enquanto as espécies em que houve maior mortalidade, os valores de contribuição foram reduzidos ou nulos.

As espécies que contribuíram com maiores quantidades no aporte de serapilheira na Unidade de Pesquisa, podem ser aquelas que mais contribuem para a ciclagem de nutrientes neste sítio, de modo que sejam as mais importantes para a recuperação deste ambiente.

O total de serapilheira produzida no segundo ano de coleta, na Unidade de Pesquisa de Apiúna, foi de 8,24 t/ha/ano em toda a Unidade de Pesquisa de Apiúna, valor que se aproxima a uma faixa de valores totais de outros trabalhos que avaliaram as deposições de serapilheira em diferentes fisionomias de florestas tropicais como aqueles realizados por Golley et al. (1978), Arato et al. (2003), Vital et al. (2004), Barbosa e Faria (2006), Nunes e Pinto (2007) e Machado et al. (2008), cujos valores de produção total de serapilheira foram de no mínimo 5.479,2 kg/ha/ano. No trabalho de Barbosa e Faria (2006) para floresta atlântica em estágio intermediário de regeneração e no máximo 15.100 kg/ha/ano no trabalho de Nunes e Pinto (2007), em floresta aluvial nativa. Já o estudo de Santos e Válio (2002) obtiveram valores muito superiores de serapilheira, com 25.000 kg/ha/ano.

De acordo com Martins e Rodrigues (1999), áreas mais alteradas apresentam maiores valores de deposição de serapilheira devido a uma maior quantidade de espécies pioneiras que investem fortemente na produção de biomassa. Assim, é possível, que, conforme ocorra a sucessão na área, e substituição de espécies secundárias e tardias ao longo do processo de regeneração natural, ocorra variação na produção anual de serapilheira. Com base nisso, continuando-se o acompanhamento da medição deste parâmetro, a produção de serapilheira pode ser indicador na avaliação do processo de recuperação da vegetação (MARTINS, RODRIGUES, 1999).

De acordo com Caldeira et al. (2002), no início do estabelecimento de florestas naturais, há uma baixa produção de serapilheira e aumenta com a idade, podendo posteriormente ocorrer uma redução. Portanto, espera-se que na Unidade de Pesquisa em Apiúna, ocorra ainda um incremento nas produções anuais de serapilheira, que seja reduzida ou estabilizada conforme novas espécies se estabeleçam na área e substituam as plantas pioneiras.

6.2 Variação temporal das quantidades de serapilheira

No primeiro ano de estudo, na Unidade de Espaçamento, a maior produção mensal de serapilheira foi observada no mês de setembro (352,99 g), sendo que nos

meses de agosto e setembro as precipitações pluviométricas foram de 102,2 mm e 153,5 mm e em setembro foi registrada uma das menores temperaturas médias ($17,24^{\circ}\text{C}$); enquanto em novembro foi verificada a menor deposição (106,64 g), mês em que houve a maior precipitação pluviométrica para o ano, de 598,1mm e a temperatura média foi de $21,1^{\circ}\text{C}$.

No segundo ano de estudo, na mesma Unidade de Pesquisa, a maior produção também foi registrada em setembro cujo valor foi de 676,38 g, neste mês ocorreu a maior precipitação, de 289,5 mm. A menor produção de serapilheira foi observada em outubro (104,74 g).

Na Unidade de Vizinhança, a maior produção de serapilheira ocorreu em novembro (758,2 g), quando foi registrada maior temperatura média do ano ($24,82^{\circ}\text{C}$) e uma das maiores precipitações pluviométricas (203,8 mm), e a menor produção foi verificada em setembro (40,11 g), valores bastante diferentes daqueles verificados para o segundo ano, na UE.

Conforme Machado et al. (2008), quando plantios em áreas contíguas apresentam comportamentos diferenciados em relação à sazonalidade de eventos, indica que outros fatores, além do déficit hídrico, podem estar influenciando no aporte de serapilheira. Assim, as diferenças de contribuições de serapilheira observadas no segundo ano entre as Unidades de Vizinhança e Espaçamento, podem estar relacionadas às diferenças nas composições florísticas e modelos de plantio, já que ambas são as principais diferenças entre elas.

No trabalho de Nunes e Pinto (2007) em floresta aluvial, no alto São Francisco, a menor produção registrada no período de estudo ocorreu de janeiro a junho ($51,7 \pm 24,8 \text{ g/m}^2$), coincidindo com a maior produção de uma floresta aluvial reflorestada na mesma região ($96,4 \pm 17,9 \text{ g/m}^2$), demonstrando que comportamentos diferentes podem ser observados para florestas em uma mesma região, submetidas às condições climáticas semelhantes, como o que aconteceu para o segundo ano de estudo deste trabalho, entre as Unidades de Espaçamento e Vizinhança.

Ao contrário do que foi observado no trabalho de Telöken et al. (2007), em um trecho de floresta aluvial do Arroio Bolaxa, RS, em que a maior produção de serapilheira coincidiu com o mês de janeiro, com menor precipitação (30,2 mm), as maiores produções de serapilheira no primeiro ano na UE não ocorreram nos períodos de menor precipitação, mas sim, foram subsequentes ao mês de menor precipitação,

que foi de 21,8 mm, em julho. Além disso, esta maior produção na UE de Apiúna esteve relacionada a um dos períodos de menor temperatura média (17,24⁰C), enquanto no trabalho de Telöken et al. (2007), a maior produção ocorreu em um mês em que foi registrada uma das maiores temperaturas médias (23,4⁰C) para o período analisado e a menor produção, em maio, coincidiu com o período de menor média mensal de temperatura (13,6⁰C). A menor produção de serapilheira na UE para este período foi no mês em que houve a maior precipitação pluviométrica, da mesma forma como registrado por Telöken et al. (2007).

No presente estudo, não foram observadas correlações significativas entre os dados de produção de serapilheira e os dados meteorológicos de precipitações pluviométricas e temperaturas médias. Por outro lado, estudos como o de Vital et. al (2004), em floresta estacional semidecidual em zona ripária e Nunes e Pinto (2007), em floresta aluvial, no Alto São Francisco, registraram picos de deposição de serapilheira ao final da estação seca, em setembro, no primeiro e setembro e outubro, no segundo.

Pagano e Durigan (2000) afirmam que há uma tendência, nas florestas fluviais, de uma maior produção de serapilheira nos meses de menor fotoperíodo, existindo, por outro lado, outros processos muito variáveis, como grau de deciduidade das árvores e a sazonalidade da deposição de serapilheira. Segundo os autores, a produção da serapilheira em nossas florestas tem apresentado dois padrões distintos: um em que as maiores produções de serapilheira ocorrem no inverno, quando os dias são mais curtos e há baixa precipitação (floresta estacional semidecidual, floresta aluvial, cerrado) e outro em que os picos ocorrem em época chuvosa e temperaturas mais elevadas (floresta atlântica).

Em seu estudo, Souza (2009), obteve maiores valores de correlação da produção de serapilheira com a temperatura, do que com as precipitações. Atribuiu este fato à proximidade de suas unidades experimentais à cursos d'água. Para Souza (2009), as conseqüências do déficit hídrico podem ser reduzidas para espécies com sistemas radiculares mais profundos.

Da mesma forma como ocorreu neste estudo, em Floresta Ombrófila Densa, Pereira et al. (2008) não verificaram correlações entre as taxas de deposição de serapilheira e as precipitações pluviométricas. Arato et al. (2003) em um sistema agroflorestal em área de floresta estacional semidecidual e Santos e Válio (2002), em

uma floresta tropical próxima a Campinas, SP, não encontraram correlação significativa entre produção de serapilheira e variáveis climáticas.

De uma forma geral, em períodos de seca, as plantas tendem a perder suas folhas como estratégia para reduzir a perda de água através da transpiração (MARTINS, RODRIGUES, 1999), o que explicaria o aumento da produção de serapilheira associado a estes períodos de redução da precipitação pluviométrica. Por outro lado, chuvas acompanhadas de ventos, podem também propiciar um aumento na queda de folhas e ramos, pela sua ação mecânica. De acordo com Machado et. al (2008), maiores deposições de serapilheira em períodos de maior precipitação, podem ocorrer pelos impactos mecânicos da chuva.

Pagano e Durigan (2000) afirmam que florestas sobre solos permanentemente úmidos apresentam produção de serapilheira sensivelmente inferior àquelas sujeitas a déficit hídrico, no entanto, a produção mensal em períodos de chuva chega a ser levemente superior em áreas úmidas.

Conforme Machado et al. (2008), maiores aportes de serapilheira no final de estação seca podem ser atribuídos ao estresse hídrico ocorrido nos meses anteriores, que promovem aumento nos níveis endógenos dos hormônios vegetais promotores da senescência, etileno e ácido abscísico, resultando na queda foliar.

Não somente a seca induz a queda foliar como também as condições de alagamento, como as cheias que ocorrem freqüentemente na Unidade de Pesquisa em Apiúna. A água em excesso no solo, por reduzir ou eliminar o oxigênio do solo, pode asfixiar as raízes das plantas terrestres, impedindo as trocas gasosas entre raízes, rizosfera e ambiente aéreo. O etileno está presente em teores mais elevados nas plantas alagadas, provocando, entre diversas conseqüências, a senescência e abscisão foliar (COLLI; PURGATTO, 2008).

No primeiro ano de estudo, na Unidade de Espaçamento, os períodos de maior produção de serapilheira não estiveram relacionados aos de maiores períodos de inundações da área. Porém, os eventos de inundações também foram mais freqüentes do segundo ano de pesquisa.

No segundo ano de estudo, as inundações foram mais freqüentes e de maior duração. As maiores produções de serapilheira, em setembro e novembro de 2009, estiveram associadas a períodos de inundações de longa duração. Em novembro de 2009, embora este tenha sido um mês em que não ocorreram inundações da Unidade de

Pesquisa, no mês anterior, houve dois eventos de inundação, que duraram sete e dez dias cada um. Neste intervalo de setembro a novembro de 2009 também se destacaram as maiores produções de serapilheira por *A. glandulosa*, comparando-se as demais espécies, em contrapartida, foram os meses em que houve menor deposição de serapilheira por *C. myrianthum*. Em setembro e novembro também ocorreram as maiores deposições de ramos do período, contabilizando mais de 600 g em cada um dos meses.

Na Unidade de Vizinhança, as plantas não apresentaram grande variação na produção de serapilheira em função das inundações e a menor produção ocorreu em setembro de 2009, um dos períodos em que a Unidade de Pesquisa permaneceu inundada por mais tempo.

Solos sujeitos a inundações podem apresentar períodos de deficiência em oxigênio tanto pela água quanto pelo depósito de sedimentos. Embora as raízes sejam capazes de realizarem uma respiração anaeróbia, neste processo, ácido abscísico, etileno e precursores do etileno são formados em grande quantidade, o que induz nas folhas um fechamento parcial dos estômatos, epinastia e, frequentemente, abscisão (LARCHER, 2000).

No que diz respeito à análise de regressão linear entre dados de produção de serapilheira e níveis do lençol freático em Apiúna, apesar de não ter sido obtida correlação significativa, pôde ser observada a tendência a uma resposta inversa da produção de serapilheira pelas plantas, em relação ao nível do lençol freático. À medida em que foram registrados níveis médios mais elevados, na maioria dos meses em que isto ocorreu houve decréscimo na produção de serapilheira.

A relação observada entre o nível do lençol freático e as deposições de serapilheira, pode ser explicada pela mesma razão na qual as plantas tendem a produzir mais serapilheira em decorrência de secas ou menos em épocas de chuva. De acordo com Barbosa e Faria (2006), ao serem expostas a períodos secos prolongados, as plantas, necessitando de um recurso escasso, permitem a abscisão foliar como estratégia para reduzir sua necessidade de água.

Além do estresse hídrico, outro fator importante que ocorre naturalmente nas plantas é a senescência da folhagem, flores e frutos, seguida pela abscisão e queda destes. Esta limitação da vida funcional de partes da planta com um metabolismo ativo, por meio de uma senescência programada, é uma medida econômica que garante uma

transição temporal para um período de dormência nas regiões em que a estação de crescimento é limitada (LARCHER, 2000).

De acordo com Larcher (2000), a queda das folhas nas plantas das florestas tropicais ocorre durante todo o ano, sendo este evento mais intenso durante o período em que o solo está secando e os dias estão se tornando cada vez mais curtos.

Segundo Vibrans (1999), pico de produção de serapilheira na primavera, ou a ausência de sazonalidade desta, diferencia a Floresta Ombrófila Densa de outras formações florestais. Conforme o autor, a maior parte dos trabalhos realizados na Floresta Ombrófila Densa, demonstram maiores produções de serapilheira na primavera, período em que aparentemente ocorre maior parte da renovação foliar das espécies perenifólias nestas formações florestais.

Para o caso estudado na floresta aluvial da Unidade de Pesquisa em Apiúna, provavelmente as quedas foliares estão mais relacionadas ao estresse hídrico provocado pelas inundações do que àquele provocado pelos períodos de menores precipitações, devido à sua proximidade ao curso de água, Rio Itajaí-Açu. Além disso, dado que os a Unidades de Espaçamento e Vizinhança responderam de diferentes formas com períodos diferenciados de maior ou menor deposição de serapilheira, isto demonstra que as espécies envolvidas e o modelo de plantio devem influenciar nesta produção.

6.3 Taxa de decomposição da serapilheira

Após um ano de disposição das bolsas de decomposição, ocorreram perdas de 82,75% do material da serapilheira dispostas na Unidade de Espaçamento e de 79,74%, naquelas que estavam distribuídas na Unidade de Vizinhança.

As taxas médias mensais de decomposição para as Unidades de Espaçamento e Vizinhança, foram de respectivamente, 25% e 28%, sendo estimado um período de cerca de 14 meses para desaparecimento de todo material, ou seja, para decomposição total da serapilheira produzida na Unidade de Pesquisa em um ano.

As menores taxas de decomposição ocorreram no início do período de experimento, até o terceiro bimestre de disposição das bolsas, onde deve haver, no

material constituinte da serapilheira, frações de material de maiores dimensões, que, precisem ser primeiramente, partidas por organismos detritívoros, como artrópodes. No penúltimo bimestre de disposição, foram obtidas as maiores taxas de decomposição, momento em que possivelmente uma maior quantidade de compostos mais facilmente biodegradados pelos organismos decompositores esteve disponível aos mesmos, enquanto ao último bimestre, ao se aproximar ao final de um ano, houve nova redução nas taxas de decomposição, provavelmente devido a presença de compostos de mais difícil degradação, como a lignina.

O fato de as taxas de decomposição acumuladas para cada período de dois meses não ter apresentado relação com os dados climáticos, sugere que provavelmente as características do material formador da serapilheira, para este caso, é o condicionante mais importante para o processo de decomposição. Tanto por suas propriedades químicas e físicas, quanto pela sua utilização pelos organismos decompositores.

Alves et. al (2008) observaram em área de caatinga, que a atividade microbiana é influenciada pela precipitação, e por isso, as taxas de decomposição são influenciadas pelo conteúdo de água no solo e tendem a ser maiores quando há maior precipitação pluviométrica. Porém, em ecossistema de floresta aluvial submetida a alagamentos, a escassez de água não é um problema, de modo que o solo é encharcado periodicamente.

A velocidade de decomposição da serapilheira é dependente da facilidade com que o material orgânico de origem pode ser decomposto, de suas características químicas, e do pH do meio onde ocorrerá o processo, incluindo ainda os fatores climáticos (LARCHER, 2000). Para Valente et al. (2005) a decomposição ocorre mais lentamente e pode dever-se a composição física e química do material, oferecendo propriedades menos atrativas para a fauna decompositora. Os autores afirmam ainda, que quando a velocidade de decomposição é mais lenta, ou seja, as taxas de decomposição são reduzidas, há acúmulo de serapilheira no subsolo e menor contribuição para a recuperação do ecossistema, podendo tornar-se inclusive empecilho para germinação de sementes.

Cianciaruso et al. (2006), em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, em Luiz Antônio, SP, encontraram valor da taxa de decomposição igual 0,56 para o período de estudo, mais elevada que a o presente estudo, sendo que a decomposição também ocorreu com maior intensidade nos primeiros meses. Contudo, no estudo de Cianciaruso et al. (2006) ao final de um ano apenas 43% da massa original foi decomposta.

Loranger et al. (2002) em duas florestas tropicais semi-perenes, observaram uma rápida perda de massa inicial (15 a 20% de perda de massa no primeiro mês), sendo que esta taxa decaiu entre 2,5 e 5,5 meses (4 a 10% de perda de massa ao longo de 3 meses).

Autores como Pereira et al. (2008) e Scheer (2008), em seus estudos, realizados, respectivamente, em Floresta Atlântica, no Rio de Janeiro, e um trecho de floresta ombrófila densa aluvial, no Paraná, ambos ambientes em regeneração, obtiveram taxas de decomposição superiores ao estudo desenvolvido em Apiúna. Pereira et al. (2008) encontraram uma taxa de decomposição de serapilheira igual a 40% em setes meses de estudo, considerada lenta e constante conforme os autores, bem como Scheer (2008) encontrou valores de decomposição em um ano, de 50% para um experimento com início no outono e 62% para um experimento com início da primavera, ambos realizados em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração no Paraná.

Para o estudo desenvolvido em Apiúna, não foram obtidas correlações significativas entre as taxas de decomposição de serapilheira e os dados climáticos de precipitações pluviométricas e temperaturas médias. Alves et al. (2006), observaram a decomposição de serapilheira em área de caatinga, e atribuíram maiores taxas de decomposição possivelmente devido à conteúdos favoráveis de água no solo, nos meses de maiores precipitações pluviométricas, pois neste estudo eles avaliaram também a atividade microbiana, constatando aumento da mesma neste mesmo período.

Aidar e Joly (2003), ao investigar a dinâmica da decomposição de *Centrolobium tomentosum* em uma floresta aluvial de São Paulo, constataram um padrão sazonal para o processo de decomposição, com fase mais lenta na estação mais seca e fria (abril a setembro). Em seu estudo, foi estimado um período de 19,5 meses para desaparecimento do material pela decomposição, tempo superior ao deste estudo (14 meses), sendo que a taxa de decomposição em base anual para o trabalho de Aidar e Joly (2003) foi de 44,2%, superior às taxas obtidas em Apiúna.

Nascimento et al. (2007) ao avaliarem a decomposição da biomassa foliar no Parque Nacional Serra de Itabaiana, encontraram uma taxa de decomposição global de 17% nas matas abertas e 23% nas matas fechadas, este último, mais próximo aos valores encontrados na UP de Apiúna.

É possível que o tamanho das aberturas na malha dos sacos de decomposição tenha influenciado nos valores obtidos para a biomassa remanescente e para a taxa de decomposição, impedindo a entrada de organismos detritívoros cujo tamanho corporal

impedisse sua passagem pelas aberturas do saco e permitindo a saída da serapilheira já fracionada cujos pedaços fossem de tamanho inferior ao das aberturas (2 x 2mm). Além disso, outro fator que pode ter influenciado a taxa de decomposição, é que o material dos sacos de decomposição, antes de ser disposto em campo, foi seco em estufa, o que pode ter afetado a microbiota decompositora presente na amostra.

As dificuldades na interpretação das variações nas taxas de decomposição em um mesmo ambiente natural, ou na comparação entre diferentes sítios, pode ser atribuídas a diferentes fatores ambientais envolvidos, da biota decompositora, da composição do material e também das limitações decorrentes dos métodos utilizados (SCHEER, 2008).

A umidade do solo na Unidade de Pesquisa em Apiúna, aliada à sua riqueza em artrópodes, anelídeos e microorganismos deve ter contribuído para a velocidade com que a serapilheira se decompôs. É possível que se os primeiros sacos de decomposição tivessem sido dispostos em período diferente do ano, diferentes temperaturas e precipitações teriam feito com que a taxa de decomposição apresentasse resultados diferentes.

6.4 Nutrientes e carbono na serapilheira

A ordem decrescente de concentração de macronutrientes na serapilheira deste estudo foi $N > Ca > K > Mg > P$, da mesma forma como no estudo de Scheer (2008) em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração e Souto et al. (2009), em área de caatinga e em florestas fluviais do oeste do estado de São Paulo (PAGANO; DURIGAN, 2000), em ambos os casos se excluiu o resultado da concentração de enxofre (S).

A serapilheira reflete a composição química das plantas vivas. Nutrientes como o N podem ser encontrados nas membranas celulares, nas enzimas citoplasmáticas, proteínas estruturais ou ácidos nucléicos das plantas. Antes de uma folha morrer, parte dos nutrientes é retranslocada para as partes vivas da planta, enquanto o restante é depositado no solo com a folha, compondo a serapilheira. Quando inicia o processo de

decomposição e ingresso de microorganismos, ocorrem mais mudanças na distribuição dos nutrientes nos componentes, sendo diferentes daquelas encontradas nas plantas vivas e no material recém depositado (BERG; McCLAUGHERTY, 2008).

Souto et al. (2009), atribuem as diferenças nas concentrações dos nutrientes na serapilheira, à diferentes composições de espécies, idades das plantas e condições edafoclimáticas, enquanto Mariano et al. (2007), atribuem as diferenças ao teor de nutrientes na serapilheira, a propriedades do solo, da planta ou em função das características do próprio elemento. De acordo com Pagano e Durigan (2000), nos ecossistemas de florestas fluviais há maior concentração de nutrientes na folhas que nas demais partes das plantas.

Depois do carbono e oxigênio, N é o próximo elemento mais abundante elemento na matéria vegetal seca, normalmente de 10 a 30 g.k-1 (McNEILL; UNKOVICH, 2007), o que justifica ser o nutriente encontrado em maior quantidade nas amostras de serapilheira analisadas.

O fósforo é um elemento essencial para todas as células vivas, compondo ácidos nucléicos, fosfolípidios, fosfatos de açúcares e moléculas ricas em energia como ATP. Sua concentração na biomassa vegetal varia de 1-5 g.kg⁻¹ de matéria seca e quantidade acima do solo, cerca de 10-100 kg.ha-1 na maioria dos ecossistemas (BÜNEMMANN; CONDRON, 2007).

De acordo com Caldeira et al. (2007), o alto teor de Ca na serapilheira pode estar associado à sua pouca mobilidade nos tecidos vegetais e sua longevidade nas folhas e os baixos teores de K, às suas pequenas taxas na ciclagem biogeoquímica. De acordo com Pagano e Durigan (2000), K é mais facilmente lixiviado dos tecidos vegetais através da água da chuva. Apesar disso, de uma forma geral, os teores de K nas amostras de serapilheira provenientes da Unidade de Pesquisa em Apiúna, não demonstraram variação mensal que seguisse o padrão de distribuição anual de chuvas, quando se trata da precipitação em milímetros.

De uma forma geral, não foi observada relação entre os picos de precipitações pluviométricas com os maiores valores mensais de nutrientes nas amostras de serapilheira analisadas, nem para os menores valores de ambos. Por outro lado, Mochiutti et al. (2006), em uma floresta secundária, obtiveram maiores teores de N e P na serapilheira em meses do período chuvoso (janeiro a julho) e maiores concentrações de Ca, Mg e K em meses do período de estiagem (agosto a dezembro).

O menor valor de K foi obtido para o mês em que ocorreu a menor precipitação, julho de 2008. No entanto, Vital et al. (2004), obtiveram, em seu estudo, em floresta estacional semidecidual em zona ripária, maiores concentrações de K na serapilheira nos meses em que precipitação pluviométrica foi mais baixa e as menores concentrações nos períodos de maior precipitação.

Os maiores teores totais de nutrientes, foram obtidos para as amostras de serapilheira dos meses de agosto e setembro, enquanto os menores teores, nas amostras de maio e novembro, períodos em que houve, respectivamente, os registros de maiores e menores produções de serapilheira. Pereira et al. (2008), em floresta ombrófila densa, também constataram tendência de maior adição de nutrientes em meses de maior aporte de serapilheira.

A ordem decrescente de concentração de micronutrientes na serapilheira foi a seguinte: Fe>Mn>B>Zn>Cu. As grandes variações nos teores mensais de micronutrientes na serapilheira podem estar relacionadas não somente ao conteúdo nutricional das partes das plantas contidas na serapilheira, mas também à contaminação por solo, sedimentos e água proveniente dos períodos de inundação da Unidade de Pesquisa.

As amostras com maiores quantidades de Fe foram obtidas nos meses de outubro, novembro e dezembro de 2008, em períodos próximos às inundações que ocorreram em setembro, outubro e novembro de 2008.

Pinto e Marques (2003), em um ecossistema de floresta ombrófila densa, obtiveram nos tecidos foliares a seguinte ordem em concentração de micronutrientes: Mn>Fe> Zn>Cu, não tendo sido avaliada a quantidade de boro (B), sendo que em seu trabalho, foram analisadas somente as folhas de algumas espécies selecionadas presentes em sua área de estudo. Nas áreas de florestas fluviais apresentadas por Pagano e Durigan (2000), as quantidades de Mn também foram superiores a de Fe, e as demais concentrações estiveram na mesma ordem decrescente que o presente estudo.

Caldeira et al. (2007), atribuem maiores teores de Fe e Zn na serapilheira acumulada a sua mobilidade e, conseqüentemente, seus maiores teores nas folhas de algumas espécies, ou, ainda, à contaminação de amostras de serapilheira com solo. Segundo os autores, o baixo teor de B está relacionado a sua baixa mobilidade nos tecidos vegetais.

Diversos estudos trazem os resultados da quantificação de nutrientes por fração de serapilheira (PINTO; MARQUES, 2003). Apesar de este estudo trazer resultados obtidos da quantificação da serapilheira total, provavelmente a fração folhas é aquela que mais contribui em nutrientes, tendo em vista que é a fração que compõe mais elevado percentual da serapilheira. De acordo com Souto et al. (2009) a maior concentração de N, quando comparada aos demais macronutrientes, provavelmente se deve à maior contribuição da fração folhas no total de serapilheira.

Quanto à contribuição de nutrientes por espécie, a mesma não foi aferida no presente estudo. Porém, é possível que as maiores contribuições em nutrientes tenham sido coincidentes às maiores contribuições em quantidades de serapilheira depositada. Pinto e Marques (2003) observaram que de uma forma geral as espécies que contribuíram com maior produção de massa seca também foram as que aportaram maior percentual de nutrientes. No entanto, eles afirmam que algumas das espécies analisadas, apesar de terem contribuído com menores quantidades de serapilheira, apresentaram contribuição relativamente altas no aporte de nutrientes. Ainda de acordo com estes autores (2003), esse fato sugere que haja uma estratégia do ecossistema, no sentido de compensar a baixa concentração de nutrientes nos tecidos foliares por uma elevada produção de serapilheira.

Aidar e Joly (2003), em estudo realizado em floresta aluvial, no qual foi analisada deposição e decomposição da serapilheira de *Centrolobium tomentosum* Guill. Ex Benth. (araribá), observaram que a dinâmica sazonal das concentrações foliares de nitrogênio e fósforo apresentou comportamento inverso ao da queda foliar, ou seja, as concentrações destes nutrientes nas folhas foram maiores nos períodos onde a queda foliar foi menor, e maiores onde a queda foliar foi maior. Por outro lado, no presente estudo, realizado em Apiúna, de uma forma geral os picos de deposição estiveram associados a um maior aporte de nutrientes, enquanto menores deposições de serapilheira apresentaram uma contribuição reduzida em nutrientes.

De acordo com Pinto e Marques (2003), as variações nos teores de nutrientes na serapilheira ao longo das diferentes estações, indicam a influência de aspectos climáticos como a precipitação e da translocação dos nutrientes nos tecidos das folhas, conforme as necessidades nutricionais da planta para cada estação. Também observaram, que com a evolução da sucessão, para a maioria das espécies de plantas ocorreu uma tendência de aumento nos teores de N e K, o que está associado às

características morfológicas das folhas, condições de solo e microclima, uma vez que aumenta a umidade e os horizontes orgânicos tornam-se mais espessos, favorecendo estoque de água e nutrientes.

Scheer (2008) obteve um valor de carbono um pouco mais elevado do que neste estudo, de 440 g/kg, diante de 422,5 g/kg, obtido em Apiúna.

Estudo realizado na Unidade de Pesquisa em Apiúna, ao verificar estoque de carbono na biomassa de três espécies, *C. myrianthum* A. *cacans* e *I. marginata*, concluiu que quanto maior a massa seca acumulada por um indivíduo de uma dada espécie ao longo de seu desenvolvimento, maiores serão os valores de carbono fixados por ele. *C. myrianthum* foi a espécie que apresentou maior incremento em sua biomassa e, por consequência, aquela que apresentou maior potencial de acúmulo e fixação de carbono, isto é, considerando que o carbono permanecerá fixado por maior tempo na forma de estruturas lenhosas (EMBRAPA FLORESTAS; UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU, 2010). Assim, considerando que *C. myrianthum* também foi a espécie que no presente estudo apresentou maior taxa de sobrevivência e maior desenvolvimento, é provável que seja também maior responsável pelo fornecimento de carbono através da serapilheira, tendo sido uma das espécies com maiores deposições.

De acordo com Caldeira et al. (2007), de forma geral pode-se afirmar que os nutrientes disponíveis na serapilheira e no solo, representam o total de nutrientes que estarão acessíveis para as plantas, representando, portanto, uma porção de nutrientes que circulam no ecossistema e sobre a qual a vegetação exerce influência direta.

O resultado obtido para a relação C/N, de acordo com Larcher (2000), encontra-se no intervalo favorável para a decomposição microbiana, de 10-30:1, de serapilheira, supondo-se que a serapilheira que está sendo depositada no solo esteja corroborando no aumento da disponibilidade de nitrogênio no solo, a ser aproveitado pelos microorganismos.

Segundo Pagano e Durigan (2000), as quantidades mensais de nutrientes transferidas ao solo florestal através da serapilheira, seguem o padrão de sazonalidade da produção, tendo em vista que os valores transferidos são obtidos pela multiplicação da quantidade de serapilheira produzida pela concentração dos nutrientes.

De acordo com Larcher (2000), a absorção dos nutrientes minerais coordena o crescimento das plantas no que se refere ao acúmulo de biomassa, e a assimilação do carbono disponibiliza o material no qual os minerais serão incorporados.

6.5 Nutrientes e carbono no solo

Os valores de P e K registrados para todas as profundidades de solo analisadas, foram superiores aos encontrados por Scheer (2008) que obteve 0,4 e 0,1 mg/cm³, respectivamente, em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração em horizontes orgânicos, em profundidades variando entre 10 e 40 cm enquanto em Apiúna, as quantidades de P, variaram de 2,4 a 5,5 mg/dm³ e as de K, de 32 a 143 mg/dm³ para as profundidades de 0-80 cm.

De acordo com Bünenmann e Condrón (2007), as concentrações de P nos solos naturais variam entre 100 e 1000 mg.kg⁻¹, o que equivale a cerca de 200 a 2000 kg.ha⁻¹ na camada superior até 20 cm.

Pagano e Durigan (2000) afirmam que a quantidade de serapilheira depositada e os nutrientes restituídos através desta, estão diretamente relacionados com a fertilidade do solo, principalmente para macronutrientes. Segundo Caldeira et al. (2002) o carbono orgânico depende da entrada de matéria orgânica através de componentes da biomassa acima e abaixo do solo e serapilheira composta por resíduos de plantas e animais. Além disso, conforme observado neste estudo outros fatores podem estar atuando na entrada e saída de matéria orgânica, bem como carbono e nutrientes. Neste caso, as inundações recorrentes podem estar influenciando fortemente no transporte destes elementos.

De acordo com Pagano e Durigan (2000), existem processos de transferência importantes e exclusivos em áreas de florestas fluviais, sendo que o primeiro deles é a entrada de sedimentos transportados pelas águas da chuva ou do rio. Também mencionam a entrada de nutrientes através do fluxo lateral do lençol freático e a perda ocasionada pelo arrastamento da serapilheira pela água dos rios quando as áreas são inundadas. Estes processos, segundo os autores, oferecem perturbações às comunidades de plantas, além de tornarem a ciclagem de nutrientes no ambiente totalmente aberta e imprevisível.

Independentemente das espécies componentes, do estágio de sucessão em que a floresta se encontra e do tipo de solo, os maiores teores de carbono estão nos primeiros 20 cm de profundidade e os teores diminuem na medida em que ela aumenta, em função do teor mais elevado de matéria orgânica nesta profundidade, oriundo principalmente da decomposição da serapilheira (CALDEIRA et al., 2002).

O carbono orgânico no solo existe como uma mistura heterogênea de uma ampla gama de materiais orgânicos que inclui desde moléculas simples como aminoácidos e açúcares monoméricos, moléculas poliméricas como celulose, lignina e proteínas, e pedaços de plantas e resíduos de microorganismos. A maior parte do material de origem é oriunda de plantas e microorganismos (BALDOCK, 2007).

Berg e McLaugherty (2008) afirmam que fatores como o clima, os nutrientes no solo promovendo o crescimento das plantas, as espécies de plantas, o manejo florestal e a deposição de nitrogênio, influenciam nas taxas de fixação de carbono regionais. Ainda segundo os autores, um solo rico em nutrientes pode promover o crescimento das árvores, resultando em uma maior deposição de serapilheira. Assim, pode-se supor que um solo mais rico em nutrientes proporcionará uma maior fixação de carbono pelas árvores.

A partir dos resultados das análises de carbono e nutrientes no solo, percebe-se que de uma forma geral, a fertilidade e quantidade de carbono na Unidade de Pesquisa em Apiúna são reduzidas com o aumento da profundidade, o que demonstra a importância do depósito de serapilheira, na manutenção dos nutrientes e matéria orgânica no solo. Porém, a serapilheira não é a única fonte de entrada de carbono e nutrientes nesta área, que deve receber grande contribuição de sedimentos trazidos pelo rio durante as inundações, sendo esta uma área de depósito. A própria poluição do rio, bem como as chuvas, podem contribuir através de aporte de nutrientes na UP. É possível que haja alguma influência do efluente da indústria situada à montante, o que não pode ser afirmado com certeza por não ter sido mensurado neste estudo.

7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção total de serapilheira obtida na Unidade de Pesquisa em Apiúna apresentou valores próximos aos obtidos em outras florestas tropicais, inclusive florestas fluviais nativas.

As condições climáticas observadas, isoladamente não foram suficientes para justificar a variação mensal na produção de serapilheira. No entanto, para próximos estudos, sugere-se que além de dados de precipitações pluviométricas e temperaturas médias, sejam averiguadas as velocidades do vento no período de estudo.

As inundações da Unidade de Pesquisa, decorrentes de níveis fluviométricos superiores a 3,12 m, apresentaram mudanças mais significativas nas produções de serapilheira das plantas da Unidade de Espaçamento do que na Unidade de Vizinhança.

As espécies *Cytherexylum myrianthum*, *Schinus terebinthifolius*, *Alchornea glandulosa*, *Inga marginata* e *Salix humboldtiana*, provavelmente são aquelas que representam maior colaboração na ciclagem de nutrientes dentro da Unidade de Pesquisa. Este fator, somado às maiores taxas de sobrevivência e crescimento de *Cytherexylum myrianthum*, *Schinus terebinthifolius*, *Alchornea glandulosa* e *Inga marginata*, quando comparadas às demais espécies plantadas, indica que sua utilização em áreas de revegetação de florestas fluviais, impulse o processo de recuperação.

A ausência de correlação significativa das taxas de decomposição bimestrais com os dados meteorológicos sugere que neste caso, a taxa sofra mais influência das características químicas e físicas do material que compõe a serapilheira.

A relação C/N na serapilheira apresenta valor dentro da faixa ideal, demonstrando a contribuição significativa da serapilheira na adição de nitrogênio no solo, favorecendo a atividade dos microorganismos decompositores.

Através deste estudo, pôde ser novamente verificada a importância da serapilheira na fertilidade dos solos e como suas deposições e sua decomposição variam ao longo do ano conforme uma série de fatores bióticos e abióticos, que não podem ser tratados isoladamente ao se estudar um ecossistema.

O fato de se utilizar a serapilheira como bioindicador, a fim de verificar como a variação em sua produção muda em função do tempo e da recuperação de um ambiente aluvial, deve estar mais associado à forma como as plantas respondem às situações de estresse freqüente a que são submetidas neste tipo de ambiente, o que envolve

principalmente as inundações, que diminuem a disponibilidade de oxigênio no solo e ocasionam respostas fisiológicas que remetem à abscisão de folhas, flores e frutos.

Apesar de a Unidade de Pesquisa em Apiúna ter apresentado valores de produção de serapilheira próximos a outras florestas mais desenvolvidas, esta produção possui uma relação maior com as agruras envolvidas na vida das plantas em um ambiente sujeito a inundações recorrentes do que propriamente à evolução da sucessão desta área de revegetação.

A partir deste trabalho, surgem as perspectivas de que novos projetos continuem buscando uma melhor compreensão dos ecossistemas que envolvem as florestas fluviais, pois, somente assim poderão ser aprimoradas as estratégias de recuperação destes ambientes.

Trabalhos futuros poderão investigar as contribuições em nutrientes da serapilheira por espécie de planta, analisando-se separadamente o conteúdo de elementos minerais da serapilheira composta por material de cada uma delas.

Para compreender melhor os aspectos da ciclagem de nutrientes neste tipo de ambiente, poderia ainda ser estudado de que forma e em que quantidades o rio Itajaí-Açu, através das inundações periódicas da UP, contribui com aporte de carbono e nutrientes no solo.

Novas discussões acerca da decomposição da serapilheira poderiam envolver estudos que reúnam os organismos (macro e microorganismos) responsáveis por este processo na Unidade de Pesquisa, principalmente aqueles contidos na camada orgânica do solo, de modo a justificar de mais uma forma as razões que definem a velocidade da decomposição neste e em outros ambientes fluviais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, Aziz Nacib. O suporte geoecológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; LEITÃO FILHO, Hermógenes de Freitas e (editores). **Matas ciliares conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p. 15-25.

ALVES, Allyson Rocha; SOUTO, Jacob Silva; SOUTO, Patrícia Carneiro; HOLANDA, Alan Cauê de. Aporte e decomposição de serapilheira em área de caatinga na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 2, 2006. p. 194 – 203.

BALDOCK, Jeffrey A. Composition and cycling of organic carbon in soil. In: MARSCHNER, Petra; RENGEL, Zdenko (editors). **Nutrient cycling in terrestrial ecosystems**. [s.l.]: Springer, 2007. p. 1-34.

BARBOSA, Jose Henrique Cerqueira; FARIA, Sérgio Miana de. Aporte de serapilheira ao solo em estágios sucessionais florestais na Reserva Biológica de Poço das Antas, Rio de Janeiro, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 57, n.3, p. 461-476, 2006.

BARBOSA, Luiz Mauro. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares. In: RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; LEITÃO FILHO, Hermógenes de Freitas e (editores). **Matas ciliares conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p. 289-312.

BERG, Björn; McCLAUGHERTY, Charles. Plant litter: decomposition, humus formation, carbon sequestration. 2. ed. Springer. 2008.

BRASIL. Lei 4771, de 15 de setembro de 1965. **Lex**: coletânea de legislação ambiental: constituição federal. Organização: Odete Medauar. 7. ed. São Paulo: Editora Revista dos tribunais, 2008.

BROWN, Sandra. Measuring carbon in forests: current status and future challenges. **Environmental Pollution**, [S.l.] 116, p.363–372, 2002.

BUCKERIDGE, Marcos S.; AIDAR, Marcos P. M. Carbon sequestration in the rain forest: alternatives using environmentally friendly biotechnology. **Biota Neotropica**, v.2, n. 1, p. 1-5, 2002.

BÜNEMANN, Else K.; CONDRON, Leo M. Phosphorus and sulphur cycling in terrestrial ecosystems. In: MARSCHNER, Petra; RENGEL, Zdenko (editors). **Nutrient cycling in terrestrial ecosystems**. [s.l.]: Springer, 2007. p. 65-92.

BURKART, Arturo. Leguminosas- mimosoideas. **Flora ilustrada catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 1979.

CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler; WATZLAWICK, Luciano Farinha; SCHUMACHER, Mauro Valdir; BALBINOT, Rafaelo; SANQUETTA, Carlos Roberto. Carbono orgânico em solos florestais. In: SANQUETTA, Carlos Roberto; WATZLAWICK, Luciano Farinha; BALBINOT, Rafaelo; ZILIOOTTO, Marco Aurélio Busch; GOMES, Fernando dos Santos (editores). **As florestas e o carbono**. Curitiba: [s.n.], 2002. p.191-213.

CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler; MARQUES, Renato; SOARES, Ronaldo Viana; BALBINOT, Rafaelo. Quantificação de serapilheira e de nutrientes – Floresta Ombrófila Mista Montana – Paraná. **Revista Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 101-116, abr./jun. 2007.

CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler; VITORINO, Marcelo Diniz; SCHAADT, Suélen Schramm; MORAES, Eclair; BALBINOT, Rafaelo. Quantificação de serapilheira e nutrientes em uma Floresta Ombrófila Densa. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 1, p. 53-68, jan./mar. 2008.

COLLI, Sandra; PURGATTO, Eduardo. Etileno. In: KERBAUY, Gilberto Barbante. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p.271-295.

CURCIO, Gustavo Ribas.; UHLMANN, Alexandre; SEVEGNANI, Lucia. **A geopedologia e sua influência sobre espécies arbóreas de florestas fluviais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006.

CURCIO, Gustavo Ribas; GALVÃO, Franklin; BONNET, Annete; BARDDAL, Murilo Lacerda; DEDECEK, Renato Antonio. A floresta fluvial em dois compartimentos do rio Iguaçu, Paraná, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v.37, n.2, p.125-147, mai/ago. 2007.

DELPRETE, Piero G.; SMITH, Lyman B.; KLEIN, Roberto M. Rubiáceas. **Flora ilustrada catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 2004.

EMBRAPA FLORESTAS; UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU. **Desenvolvimento de espécies arbóreas florestais, seqüestro de carbono e a**

recuperação de ambientes fluviais na bacia do rio Itajaí-Açu. Relatório final Processo CNPq 552 303/2007-0. Alexandre Uhlmann (coordenador), Curitiba, setembro de 2010.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/SNLCS. **Manual de métodos de análise de solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNLCS. 1979.

FAÇANHA, Arnaldo Rocha; CANELLAS, Luciano Pasqualoto; DOBBSS, Leonardo Barros. Nutrição mineral. In: KERBAUY, Gilberto Barbante. **Fisiologia Vegetal.** 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p.33-50.

FACELLI, José M.; PICKETT, Steward T. A. Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review.** v. 57, n.1, jan-mar 1991, p. 1-32.

FARREL, Roberta L.; KIRK, T. Kent. Enzymatic “combustion”: the microbial degradation of lignin. **Ann. Rev. Microbiol.**, 41, p.465-505, 1987.

FLEIG, Mariana. Anacardiáceas. **Flora ilustrada catarinense.** Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 1989.

FONSECA, Sérgio de Mattos; DRUMMOND, José Augusto. Reflorestamento de manguezais e o valor de resgate para o seqüestro de carbono atmosférico. **História, Ciências, Saúde,** Manguinhos, vol. 10, n.3, p.1071-1081, set./dez., 2003.

GOLLEY, Frank B. et al. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida.** Tradução: Eurípedes Malavolta. São Paulo: EDUSP, 1978.

GOMES, Sabrina Randazzo et al. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes ao solo em arboreto de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) em Mogi-Guaçu, São Paulo, Brasil. **Hoehnea,** São Paulo, v. 33, n. 3, p. 339-347, 2006. Disponível em: < [http://www.ibot.sp.gov.br/HOEHNEA/volume33/HOEHNEA_33\(3\)_T_05.pdf](http://www.ibot.sp.gov.br/HOEHNEA/volume33/HOEHNEA_33(3)_T_05.pdf) >. Acesso em: 20 jun. 2009.

JOLY, Carlos Alfredo; SPIGOLON, José Reinaldo; LIEBERG, Sandra A.; SALIS, Suzana Maria de; AIDAR, Marcos P. M.; METZGER, Jean Paul W.; ZICKEL, Carmem S.; LOBO, Patrícia C.; SHIMABUKURO, Márcia C. M. Marques; SALINO, Alexandre. O desenvolvimento de um modelo de recomposição da mata ciliar com base na florística regional. In: RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; LEITÃO FILHO, Hermógenes de Freitas e (editores). **Matas ciliares conservação e recuperação.** São Paulo: EDUSP, 2000. p. 271-287.

KAGEYAMA, Paulo; GANDARA, Flávio B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; LEITÃO FILHO, Hermógenes de Freitas e (editores). **Matas ciliares conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p. 249-269.

KLEIN, Roberto Miguel. Ecologia da flora e vegetação do Vale do Itajaí. **Sellowia**, 31/32. 1979/80.

KLEIN, Roberto Miguel. Meliáceas. **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 1984.

LAL; Rattan, KIMBLE, John M.; FOLLETT, Ronald F. Pedospheric processes and the carbon cycle. In: LAL, Rattan et al. (editors). **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton: CRC, p. 1-8, 1998.

LARCHER, Walter. **Ecofisiologia vegetal**. Traduzido por Carlos Henrique Britto de Assis Prado. São Carlos: Rima, 2000.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C.. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 27:821-832, 2003

LORANGER, Gladys; PONGE, Jean-François; IMBERT, Daniel; LAVELLE, Patrick. Leaf decomposition in two semi-evergreen tropical forests: influence of litter quality. **Biology and fertility of soils**. 35: 247-252, 2002.

MAJEROWICZ, Nidia. Fotossíntese. In: KERBAUY, Gilberto Barbante. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 82-133.

MARCENE, Edemilson Alexandre; CORTE, Ana Paula Dalla; SANQUETTA, Carlos Roberto; SCHNEIDER, Cassiano Ricardo. Variação nos teores e estoques individuais de carbono fixado com o crescimento de *Gmelina arborea* Roxb. na região litorânea do Paraná, Brasil. **Scientia Forestalis**, n. 71, p.55-63, ago 2006.

MARENCO, Ricardo A.; LOPES, Nei Fernandes. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: UFV, 2005.

MARTINS, Emerson Gonçalves et al. Deposição de folheto e retorno de nutrientes ao solo em quatro procedências de (*Grevillea robusta* Cunn.) no sudoeste do Paraná. **Bol. Pesq. Flo.**, Colombo, n. 48, p. 75-91, jan./jul. 2004

MARTINS, Sebastião Venâncio. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2001.

MARTINS, Sebastião Venâncio; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revta bras. Bot.**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 405 – 412, dez. 1999.

MARTIUS, C., HOFER, H., GARCIA, M.V.B., ROMBKE, J.; HANAGARTH, W. 2004. Litterfall, litter stocks and decomposition rates in rainforest and agroforestry sites in central Amazonia. **Nutr. Cycl. Agroecos.** 68:137-154.

MCNEILL, Ann; UNKOVICH, Murray. The nitrogen cycle in terrestrial ecosystems. In: MARSCHNER, Petra; RENGEL, Zdenko (editors). **Nutrient cycling in terrestrial ecosystems**. [s.l.]: Springer, 2007. p. 37-64.

MELO, Antônio Carlos Galvão de; DURIGAN, Giselda. Fixação de carbono em reflorestamentos de matas ciliares no Vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 71, p. 149-154, agosto 2006.

MEURER, Egon José. Introdução à ciência do solo. In: MEURER, Egon José (editor). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 11-21.

MOCHIUTTI, Silas; QUEIROZ, José Antonio Leite de; MELÉM JUNIOR, Nagib Jorge. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes de um povoamento de taxi-branco e de uma floresta secundária no Amapá. **Bol. Pesq. Fl.**, Colombo, n. 52, p. 3-20 jan./jun. 2006

MONTEIRO, M. T.; GAMA-RODRIGUES, E. F. Carbono, nitrogênio e atividade da biomassa microbiana em diferentes estruturas de serapilheira de uma floresta natural. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 5, p. 819-826, 2004.

MORAIS, Sérgio Antônio Lemos de; NASCIMENTO, Evandro Afonso do; MELO, Dárley Carrijo. Análise da madeira do *Pinus oocarpa* parte II : caracterização estrutural da lignina de madeira moída. **R. Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 471-478, 2005.

MURPHY, Kenneth L.; KLOPATEK, Jeffrey M.; KLOPATEK, Carole Coe. The Effects of litter quality and climate on decomposition along an elevational gradient. **Ecological Applications**, 8(4), p. 1061–1071, 1998.

NEILL, Christopher et al. Stocks and dynamics of soil carbon following deforestation for pasture in Rondônia. In: LAL, Rattan et al. (editors). **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton: CRC, p. 9-28, 1998.

NUTTO, Leif; WATZLAWICK, Luciano Farinha; GRAMMEL, Rolf; FENNER, Paulo Torres. O mercado internacional de CO₂: o impacto das florestas naturais e das plantações. In: SANQUETTA, Carlos Roberto et al. (editores). **As florestas e o carbono**. Curitiba: [s.n.], p.89-108, 2002.

NUNES, Flavia Peres; PINTO, Maria Tereza Cândido. Produção de serapilheira em mata ciliar nativa e reflorestada no alto São Francisco, Minas Gerais. **Biota Neotropica**, v.7, n. 3, p.97-102, 2007.

PAGANO, Sérgio Nereu; DURIGAN, Giselda. Aspectos da ciclagem de nutrientes em matas ciliares do oeste do estado de São Paulo, Brasil. In: RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; LEITÃO FILHO, Hermógenes de Freitas e (editores). **Matas ciliares conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p. 109-123.

PEREIRA, Marcos Gervasio; MENEZES, Luis Fernando Tavares de; SCHULTZ, Nivaldo. Aporte e decomposição da serapilheira na floresta atlântica, Ilha da Marambaia, Mangaratiba, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 443-454, out.-dez., 2008.

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

POZZOBON, Maurício. Restauração de planícies do rio Itajaí-Açu – SC. **Avaliação de sobrevivência e de crescimento de espécies arbóreas nativas por tipo de solo**. 2009. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

PRIMAVESI, Odo; ARZABE, Cristina; PEDREIRA, Márcio dos Santos. **Aquecimento global e mudanças climáticas: uma visão integrada tropical**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007.

REITZ, Raulino. Sapindáceas. **Flora ilustrada catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 1980.

REITZ, Raulino; KLEIN, Roberto Miguel; REIS, Ademir. **Projeto madeira de Santa Catarina: levantamento das espécies florestais nativas em santa Catarina com a possibilidade de incremento e desenvolvimento**. Itajaí : SUDESUL : Herbário Barbosa Rodrigues, 1978.

ROCHA, Marcelo Theoto. O aquecimento global e os instrumentos de mercado para a solução do problema. In: SANQUETTA, Carlos Roberto et al. (editores). **As florestas e o carbono**. Curitiba: [s.n.], 2002. p. 1-34

RODRIGUES, Ricardo R. Uma discussão nomenclatural das formações ciliares. In: RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; LEITÃO FILHO, Hermógenes de Freitas e (editores). **Matas ciliares conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p. 91-99

RODRIGUES, Ricardo R.; GANDOLFI, Sergius. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; LEITÃO FILHO, Hermógenes de Freitas e (editores). **Matas ciliares conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p. 235-247.

SANQUETTA, Carlos Roberto. Métodos de determinação de biomassa florestal. In: SANQUETTA, Carlos Roberto et al. (editores). **As florestas e o carbono**. Curitiba: [s.n.], 2002. p. 119-140.

SANTOS, Sandy Lia dos; VÁLIO, Ivany F. M. Litter accumulation and its effects on seedling recruitment in a Southeast Brazilian Tropical Forest. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 1, p. 89-92, mar. 2002.

SCHEER, Maurício Bergamini. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em um trecho de floresta ombrófila densa aluvial em regeneração, Guaraqueçaba (PR). **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, abr./jun. 2008, p.253-266.

SCHUMACHER, Mauro Valdir; BRUN, Eleandro José, HERNANDES, Jonas Inoé; KÖNIG, Flávia Gizele. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n. 1, p. 29-37, 2004.

SILVA, Leandro S.; CAMARGO, Flávio A. de O.; CERETTA, Carlos A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, Egon José (editor). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p. 45 – 62

SMITH, Lyman B.; DOWNS, Robert Jack; KLEIN, Roberto Miguel. Euforbiáceas. **Flora ilustrada catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues. 1988.

SOUTO, Patrícia Carneiro et al. Características químicas da serapilheira depositada em área de caatinga. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.22, n.1, p.264-272, janeiro/março de 2009.

SOUZA, Márcia Cristina Soares de. **Monitoramento de sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas da floresta ombrófila densa: caso Paraty – RJ**. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras. 2009.

STANO, Francieli. **Estabelecimento inicial de espécies florestais nativas indicadas para recuperação de ambientes fluviais na bacia do Itajaí/SC sob diferentes espaçamentos e condições pedológicas**. Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Tecnológicas, Fundação Universidade Regional de Blumenau. Blumenau. 2007.

TEDESCO, M.J., GIANELLO, C., BISSANI, C.A., BOHNEN, H., VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos/UFRGS. 1995.

TELÖKEN, F. et al. Produção de serapilheira em um trecho de mata ciliar do Arroio Bolaxa, na APA Lagoa Verde, Rio Grande, RS. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG Sociedade de Ecologia do Brasil.

VELOSO, Henrique Pimenta; RANGEL FILHO, Antonio Lourenço Rosa; LIMA, Jorge Carlos Alves. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Rio de Janeiro, 1991.

VIBRANS, Alexander C. **Produção e composição química de serapilheira em dois remanescentes de Floresta Ombrófila Densa em Blumenau – SC**. 1999. Monografia (Curso de Pós-Graduação em nível de especialização em Gerenciamento Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 1999.

VIBRANS, Alexander Christian. **A cobertura florestal da Bacia do Rio Itajaí: elementos para uma análise histórica**. 2003. 225 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2003.

VIBRANS, Alexander Christian. Deposição de nutrientes através da queda de serapilheira em dois remanescentes de Floresta Ombrófila Densa em Blumenau – SC. **Revista de estudos ambientais**, Blumenau, v. 2, n. 2-3, p. 41-55, mai-dez 2000.

VITAL, Ana Rosa Tundis; GUERRINI, Iraê Amaral; FRANKEN, Wolfram Karl; FONSECA, Renata Cristina Batista. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.28, n.6, p.793-800, 2004.

WALTER, Heinrich. **Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1986.

WATZLAWICK, Luciano F. Quantificação de biomassa total e carbono orgânico em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (BERT.) O. Kuntze no sul do estado do Paraná, Brasil. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba, v. 1, n. 2, p. 63-68, abr./jun. 2003.

WATZLAWICK, Luciano Farinha et al. Fixação de carbono em floresta ombrófila mista em diferentes estágios de regeneração. In: SANQUETTA, Carlos Roberto; WATZLAWICK, Luciano Farinha; BALBINOT, Rafaelo; ZILIOOTTO, Marco Aurélio Busch; GOMES, Fernando dos Santos (editores). **As florestas e o carbono**. Curitiba: [s.n.], 2002. p. 153-174.

YU, Chang Man. Caracterização e tipologia dos projetos de seqüestro de carbono no Brasil. In: SANQUETTA, Carlos Roberto; WATZLAWICK, Luciano Farinha; BALBINOT, Rafaelo; ZILIOOTTO, Marco Aurélio Busch; GOMES, Fernando dos Santos (editores). **As florestas e o carbono**. Curitiba: [s.n.], 2002. p. 59-88.