



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MAGDA ELISA TURINI DA CUNHA

**INDICADORES QUÍMICOS DO EFEITO DE BORDA EM
FRAGMENTOS DE FLORESTA DA REGIÃO DE
LONDRINA - PARANÁ**

Londrina
2007

MAGDA ELISA TURINI DA CUNHA

**INDICADORES QUÍMICOS DO EFEITO DE BORDA EM
FRAGMENTOS DE FLORESTA DA REGIÃO DE
LONDRINA - PARANÁ**

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientador: Prof. Efraim Rodrigues, Ph.D.

Londrina
2007

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Efraim Rodrigues, PhD.

Prof. Dr. Hideaki Wilson Takahashi

Prof. Dr. José Marcelo Torezan

Prof^a. Dra. Maria Josefa Santos Yabe

Prof. Dr. Osmar Rodrigues Brito

Londrina, 01 de março de 2007.

DEDICATÓRIA

A meu marido Cláudio, aos meus pais e a todos que me apoiaram nessa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e por estar comigo em todas as horas.

Agradeço ao meu orientador Efraim Rodrigues pelo apoio, dedicação e confiança a mim dispensados.

Agradeço aos Coordenadores do Curso de Pós Graduação em Agronomia.

Agradeço aos Professores do Curso de Pós Graduação em Agronomia, principalmente aos professores Hideaki Wilson Takahashi e Osmar Rodrigues Brito pelos esclarecimentos quanto às análises químicas de solo e foliar.

Agradeço ao Professor Marcelo Moreira, CENA – USP pela realização das análises isotópicas.

Agradeço a Maria do Carmo Ribeiro e Ciniro Costa Júnior que me ajudaram nas etapas de coleta e análises químicas de solo e serapilheira.

Agradeço aos técnicos de laboratório de solos João Machado e Márcio Praxedes pela ajuda nas análises.

Agradeço aos amigos Rogério Ferreira da Silva e Rubens Fey que durante esta fase foram companheiros não só no trabalho, mas em todas as horas.

Agradeço a Professora Maria Josefa dos Santos Yabe pelo apoio e incentivo.

Agradeço a CAPES pela bolsa de estudos.

RESUMO GERAL

Florestas tropicais vêm sendo transformadas em mosaicos onde os fragmentos florestais se encontram em uma matriz agro-pastoril. A ação de elementos externos como radiação solar, vento, pesticidas e fertilizantes faz a floresta próxima à borda se diferenciar do interior. As características químicas do solo e da serapilheira foram estudadas em sete fragmentos de florestas nativas da região de Londrina, PR no período de agosto/2004 a julho/2005, com intuito de verificar a relação entre alterações na composição de espécies arbóreas e a ciclagem de nutrientes nesses locais. Foram realizadas coletas mensais de serapilheira e a fração foliar foi submetida a análises de nutrientes como N, P K, Ca e Mg. Amostras de solo superficial (0 – 20 cm) foram coletadas nas parcelas para análise química e isotópica. As características químicas e isotópicas foram correlacionadas com as espécies arbóreas. A produção anual de serapilheira na borda florestal foi maior do que a 70 m para o interior da floresta. As maiores taxas de transferência dos nutrientes Mg e P para o solo foram encontradas na borda e a 35 m para o interior da floresta. Cálcio e Mg foram utilizados com mais eficiência pelas plantas a 70m e 0m da borda, respectivamente. A composição isotópica do solo da borda florestal apresentou enriquecimento em ^{13}C devido principalmente a altas taxas de luminosidade a que plantas presentes na borda são submetidas, e apresentou enriquecimento também em ^{15}N devido principalmente à influência da fertilização de áreas agrícolas próximas às bordas. Não foi possível verificar a presença de efeito de borda através da correlação: entre características químicas do solo e composição de espécies.

Palavras-chaves: serapilheira, eficiência nutricional, composição isotópica.

ABSTRACT

Tropical forests have been transformed in mosaics where the forest fragments are in an agricultural matrix or pasture. The external action of elements as solar radiation, wind, pesticides and fertilizers make the close forest to the border if differentiates of the interior. The soil and litter chemical characteristics were studied in seven native forest fragments in Londrina, PR region from August/ 2004 to July/ 2005, to verifying the relationship among alterations in the arboreal composition of species and the nutrients cycling those places.. Monthly collections of litter were performed and nutrients concentrations of N, P K, Ca and Mg in foliar fraction was determinated. Superficial soil samples (0 - 20 cm) were submitted for chemical and isotopic analysis. The chemical and isotopics characteristics were correlated with the arboreal species. The annual litter production in edge was higher as interior. The transference of nutrients Mg and P from the vegetation to the soil was higher in edge and 35 m. Ca and Mg were used more efficiently by the plants at 70 m and 0 meters from the edge, respectively. Plants of the interior use efficiency Ca, while Mg was better used by edge species. The soil isotopic composition in edge presented enrichment in ^{13}C owed to high luminosity rate what species of the edge are submitted, and presented enrichment also in ^{15}N owed mainly to

the influence of the fertilization of agricultural areas close to edges. It was not possible to verify presence of edge effect through the correlation: soil chemical characteristics and composition of species.

Keywords: litter, nutritional efficiency, isotopic composition.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1. Fragmentação e Efeito de Borda.....	04
2.2. A Produção de Serapilheira e Ciclagem de Nutrientes.....	06
2.3. Solo de Florestas Tropicais.....	08
2.4. Isótopos estáveis: Aplicações em estudos ambientais.....	09
2.5. Referências Bibliográficas.....	12
3. ARTIGO 1: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA SERAPILHEIRA DE BORDAS FLORESTAIS NA REGIÃO DE LONDRINA, PARANÁ	16
3.1. Resumo.....	16
3.2. Abstract.....	16
3.3. Introdução.....	17
3.4. Material e Métodos.....	19
3.5. Resultados e Discussão.....	23
3.6. Conclusões.....	31
3.7. Referências Bibliográficas.....	32
4. ARTIGO 2: A INFLUÊNCIA DO SOLO NA DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES ARBUSTIVO-ARBÓREAS EM BORDAS DE FRAGMENTOS FLORESTAIS NO NORTE DO PARANÁ.....	35
4.1. Resumo.....	35

4.2. Abstract.....	35
4.3. Introdução.....	35
4.4. Material e Métodos.....	38
4.5. Resultados e Discussão.....	41
4.6. Conclusões.....	47
4.7. Referências Bibliográficas.....	47
5. CONCLUSÕES.....	50

1. INTRODUÇÃO GERAL

Há muitos séculos florestas tropicais vêm sendo desmatadas para a utilização do solo na agricultura e pecuária. O desmatamento acarreta mudanças no clima, biodiversidade e tornam os recursos hídricos mais escassos.

Quando uma parte da floresta é retirada, a porção adjacente à área aberta é chamada borda florestal. A criação da borda propicia maior exposição das espécies ali existentes ao sol, vento, chuvas e efeitos de herbicidas. Alguns indivíduos se adaptam a essas condições, enquanto outros morrem durante os primeiros anos da criação da borda. Por esta razão, espécies pioneiras, freqüentes em bordas florestais, acabam substituindo outras espécies que ali existiam.

A sucessão vegetal exerce uma função importante na restauração do solo através do acúmulo de biomassa e melhoria da interação solo-planta, entretanto, relações entre sucessão, propriedades do solo e redistribuição de materiais e nutrientes pela paisagem não são bem conhecidas.

A ciclagem de nutrientes dentro de um ecossistema são as entradas e saídas dos mesmos e envolve a interação entre a comunidade de plantas e seu ambiente. Em florestas tropicais, o alto nível de produção vegetal está ligado à rápida circulação de seu relativamente pequeno reservatório de nutrientes. A maioria dos nutrientes se torna disponível através da decomposição da serapilheira.

O estudo da produção de serapilheira e do fluxo de nutrientes em bordas de fragmentos florestais é importante para o entendimento da dinâmica populacional e da estrutura da comunidade. A maior ou menor produção de serapilheira

no ambiente permite avaliar a influência antrópica no ambiente, e através de dados das quantidades de nutrientes depositadas e da utilização pelas plantas podem ser traçadas metodologias de manejo nesses ambientes. As mudanças geradas no compartimento serapilheira permitem a compreensão da ciclagem dos nutrientes e este conhecimento é aspecto relevante para preservação do ambiente.

De todos os aspectos vinculados à conservação de espécies, a ciclagem de nutrientes tem contribuído relativamente pouco já que os trabalhos na área freqüentemente se voltam para a compreensão de processos em florestas ou bem conservadas ou totalmente degradadas. A ciclagem de nutrientes em áreas com níveis intermediários de perturbação, que perdem suas espécies paulatinamente, têm tido pouca atenção, e seu estudo promete a descoberta de estratégias nutricionais de manejo de florestas.

A homogeneidade de solos, de relevo e de tempo desde a fragmentação fazem da região de Londrina-PR, um local onde é possível estudar bordas com um mínimo de variação não desejada.

O estudo se fundamenta nas seguintes hipóteses:

- 1) Bordas florestais apresentam alta densidade vegetal com isso, o estoque de nutrientes da borda provavelmente seja maior que no interior da floresta.
- 2) A ciclagem de nutrientes nas bordas poderá acontecer em ciclos mais curtos que no interior, propiciando maior perda de nutrientes para o ambiente.
- 3) Espécies presentes na borda utilizam os nutrientes com maior eficiência que espécies do interior da floresta,
- 4) A maior quantidade de indivíduos presentes na borda é devida principalmente à maior quantidade de nutrientes depositada no solo.

Foram elaborados dois artigos para verificar como se processa a ciclagem de nutrientes em bordas florestais. O estabelecimento de relações entre a degradação florestal em bordas e suas condicionantes químicas, permitirá, talvez, o estabelecimento de estratégias de manejo e conservação baseadas no manejo químico de ecossistemas.

O primeiro artigo intitulado “CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA SERAPILHEIRA DE BORDAS FLORESTAIS NA REGIÃO DE LONDRINA, PARANÁ” quantifica a produção e possível utilização dos nutrientes contidos na serapilheira em bordas florestais e compara com os dados de ciclagem de do interior dos fragmentos florestais nativos.

O segundo artigo: “INFLUÊNCIA DO SOLO SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES ARBUSTIVO-ARBÓREAS EM BORDAS DE FRAGMENTOS FLORESTAIS NO NORTE DO PARANÁ” relaciona a composição de espécies arbóreas com a quantidade de nutrientes presentes no solo e também com a composição isotópica de carbono e nitrogênio do solo de fragmentos florestais nativos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fragmentação e Efeito de Borda

O histórico de ocupação de áreas do sul e sudeste brasileiros data de alguns séculos, sendo sua principal característica a derrubada das florestas e a conversão das terras em lavouras e pastagens. No Paraná, o solo rico de origem basáltica propiciou o assentamento de inúmeras famílias no meio rural, as quais se beneficiavam da floresta como fonte de matérias-primas (Rodrigues, 1998).

Atualmente, ecossistemas primitivos inalterados no Paraná são praticamente inexistentes, restando uma vegetação altamente degradada formada por remanescentes fragmentados e em diferentes estágios sucessionais. Do montante de vegetação arbórea primitiva do Paraná, 181.644,13 Km², restaram 45.178,26 Km², divididos em três estágios, o inicial (pioneiro), com árvores de pequeno porte, até 10 m de altura, compreendendo 18.589,02 Km², o estágio médio, árvores com até 20 m de altura, compreendendo 20.419,65 Km² e estágio avançado, onde a vegetação se encontra no seu grau máximo de desenvolvimento, compreendendo 6.170,18 Km². A maior perda de floresta é verificada nas regiões oeste, noroeste e norte do estado, embora, uma franca recuperação esteja sendo observada principalmente ao longo dos cursos d'água, área de preservação permanente em todo o estado (Paraná, 2003).

O norte do Paraná era coberto por floresta semidecídua contínua com um conjunto de espécies que unia elementos da Floresta Atlântica e de cerrado. O desmatamento da região foi realizado de acordo com um projeto das Companhias de

Terras que ocuparam e comercializaram a região. Este plano envolvia o aluguel de estradas nos espigões, com os lotes alongados indo vertente abaixo, da estrada até o fundo de vale. Vários aspectos deste plano condicionaram o rápido desmatamento da região, entre eles a disposição regular das cidades na paisagem, garantindo proximidade das cidades com todos os lotes, e a obrigação de iniciar o pagamento das terras após três anos da sua ocupação, forçando o desmatamento e plantio do café (Rodrigues, 1998).

Quando uma parte da floresta é retirada, a porção adjacente à área aberta é chamada borda florestal. A criação da borda resulta no aumento à exposição solar, vento, chuvas e efeitos de herbicidas das espécies ali existentes (Rodrigues, 1998). Espécies florestais adaptadas à floresta contínua são obrigadas a adaptar-se não só à estrutura da floresta como também aos fatores físicos e químicos da mesma, muitas vezes sofrendo extinção (Fearnside, 1999), enquanto outras espécies mais generalistas tornam-se abundantes. Invasões de novas espécies também podem ocorrer, e essas espécies competirão por recursos com espécies originais da floresta.

Efeito de borda é o termo utilizado para designar o conjunto de características associadas ao contato entre *habitats*, afetando assim características físicas, químicas e biológicas, podendo se estender por grandes distâncias para o interior dos *habitats* (Laurence, 2000).

A borda florestal pode exercer efeitos diretos e indiretos na agricultura. Os efeitos diretos são: competição por luz, água e nutrientes. E os efeitos indiretos ocorrem através de intermediários, como insetos benéficos ou pragas que se associam

com plantas da borda. A borda florestal pode proteger os plantios adjacentes dos ventos. (Marshall e Moonen, 2001).

O efeito de borda geralmente é descrito em termos de uma função relacionando fatores e distância da borda. (Rodrigues, 1998).

2.2 A Produção de Serapilheira e a Ciclagem de Nutrientes.

A ciclagem de nutrientes em um ecossistema diz respeito à entrada e saída dos compartimentos onde este nutriente ocorre e envolve a interação entre a comunidade de plantas e seu ambiente. A disponibilidade de nutrientes é fator determinante para a produtividade primária e essa disponibilidade aumenta como resultado da deposição seca e úmida e fertilização, e é reduzida por lixiviação, volatilização e imobilização do nutriente (O' Brien e O' Brien, 1995; Dames et al., 2002).

Em florestas tropicais, o alto nível de produção vegetal está ligado à rápida circulação de seu relativamente pequeno reservatório de nutrientes (Resende et al., 1995). A maioria dos nutrientes se torna disponível através da decomposição da serapilheira e de restos de plantas. A velocidade da queda e a deterioração da serapilheira no chão da floresta regulam o fluxo de energia, produtividade primária e ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. A serapilheira é a principal via de transferência de carbono, nitrogênio, fósforo e cálcio; o potássio é devolvido através da precipitação e o magnésio varia conforme as características das florestas (Cole e Rapp, 1980 apud Cunha et al., 1993).

A produção anual de serapilheira varia com o tipo de ecossistema, natural ou cultivado, com o estágio de desenvolvimento dos mesmos e depende também da densidade de indivíduos, área basal, altitude, latitude e sazonalidade (Teixeira et al., 2001; Sundarapandian e Swamy, 1999). Dentro de um mesmo tipo florestal, varia de acordo com o grau de perturbação (Pagano, 1989). Áreas muito perturbadas apresentam maior quantidade de espécies pioneiras, com crescimento rápido, ciclo de vida mais curto, com maior produção de biomassa num curto espaço de tempo (Martins e Rodrigues, 1999). Áreas menos perturbadas apresentam menor quantidade de espécies pioneiras e menor produção líquida de biomassa. O porte do dossel também deve ser levado em conta na determinação da quantidade de serapilheira, altura e diâmetro das copas refletem-se no espaço horizontal ocupado pela altura e diâmetro das copas (Werneck et al., 2001). A maior produção de serapilheira em trechos com maior volume de madeira foi observada por Schittler *et al.* (1993) em floresta semidecídua no Pontal do Paranapanema (SP) e por Moraes et al. (1999) em floresta atlântica e floresta de restinga na Ilha do Cardoso (SP) e verificaram menor produção na floresta de restinga, onde o volume de madeira era inferior. Werneck et al. (2001) quando compararam a quantidade de serapilheira em 3 estágios de sucessão em floresta semidecidual, observaram que o pico máximo de produção ocorreu no mês de setembro, final do período seco e início do período chuvoso, o que está de acordo com o encontrado em outras florestas semidecíduas do sudeste (Schittler et al., 1993).

Segundo Leitão Filho (1993) espécies pioneiras destacam-se na produção de serapilheira por apresentarem rápido crescimento e ciclo de vida curto, investindo na produção de biomassa em curto espaço de tempo, sendo precoces nas fenofases reprodutivas com grandes produções de flores e frutos.

A eficiência com que a floresta utiliza os nutrientes geralmente é calculada através da relação biomassa de serapilheira produzida e a quantidade de nutrientes transferidos por esta fração (Vitousek, 1982) A eficiência do uso de nutrientes é propriedade coletiva dos indivíduos das inúmeras espécies que ocorrem em um local (Oliveira et al., 2004).

A fração folhas da serapilheira é a responsável pela maior quantidade de nutrientes transferidos ao solo, apresenta pouca variação na quantidade de nutrientes e distribuição espacial, sendo a fração mais adequada para o estudo da comparação entre ecossistemas florestais quando se trata da eficiência de seus componentes vegetais na utilização de nutrientes (Cunha et al., 1993).

Ainda não existem dados sobre a ciclagem de nutrientes em bordas florestais, porém, supõe-se que o estoque de nutrientes na borda provavelmente seja maior que na mesma área no interior da floresta, pois a biomassa por unidade de área é maior na borda que no interior (Forman e Godron, 1986).

2.3 O Solo de Florestas Tropicais

Além dos componentes bióticos, o solo é um componente abiótico importante, pois cria micro-ambientes necessários à humificação e à reciclagem dos nutrientes. O teor dos elementos químicos encontrados no solo depende da quantidade dos mesmos nos vegetais, variando com a natureza da planta e presença dos elementos nas camadas profundas do solo. As raízes retiram daí os nutrientes necessários para o desenvolvimento da planta. Após a morte de alguns tecidos da

planta, através da decomposição, as substâncias complexas são transformadas em componentes mais simples que vão enriquecer a camada superficial do solo (Vitousek e Sanford, 1986).

A conservação dos solos depende do tipo de cobertura vegetal ou do sistema de cultivo existente no local. Quando florestas são substituídas por agricultura, além da mudança no tipo de vegetação, há uma diminuição no conteúdo de matéria orgânica do solo, conseqüentemente ocorrem mudanças na estrutura do solo, ocasionando erosão (Carter et al., 1998). Assim, o acúmulo e retorno da matéria orgânica do solo são fatores primordiais na fertilidade do solo e no funcionamento do ecossistema e determinam se o solo atua como sorvedouro ou fonte de carbono no ciclo global (Paul et al., 2003).

2.4 Isótopos estáveis. Aplicações em estudos ambientais.

Isótopos estáveis são utilizados para determinar a origem da matéria orgânica em ambientes terrestres e aquáticos. O uso de isótopos estáveis em estudos ambientais baseia-se no fato de que a composição isotópica das substâncias naturais varie de forma previsível conforme o elemento cicla na natureza (Lobo et al., 2001). A matéria orgânica do solo, por exemplo, reflete a composição isotópica de sua fonte, que geralmente são plantas C_3 e C_4 .

Em estudos ambientais, os isótopos mais estudados são os do hidrogênio (1H , 2H , 3H), do oxigênio (^{16}O , ^{18}O), do carbono (^{12}C , ^{13}C , ^{14}C), do nitrogênio

(^{14}N , ^{15}N) e do enxofre (^{32}S , ^{34}S), pois são os mais importantes nos sistemas biológicos e participam da maioria das reações geoquímicas (Fritz e Fontes, 1980).

Os isótopos mais pesados são os mais raros e ocorrem em menor abundância. A abundância média para os isótopos de carbono é de 98,89 % para o ^{12}C , e de 1,11 % para o ^{13}C . Para os isótopos de nitrogênio é de 99,34 % para o ^{14}N e de 0,37 % para o ^{15}N (Fritz e Fontes, 1980).

A composição isotópica varia de acordo com o ciclo do elemento na natureza, e são expressas na forma de razão do isótopo mais raro pelo mais comum e o resultado da composição isotópica é expresso em partes por mil, pois a variação natural do isótopo é pequena. Por não ser possível medir a composição absoluta de uma amostra, a composição isotópica é medida através da razão do isótopo mais raro pelo mais comum da amostra, em relação a um padrão pré-determinado. Os resultados são expressos através de um valor diferencial δ definido como: $\delta X = [(R_x/R_{padr\tilde{a}o}) - 1] \times 1000$, onde R_x e $R_{padr\tilde{a}o}$ são as razões isotópicas na amostra e nos padrões internacionais (Fritz e Fontes, 1980; Preston, 1992).

O padrão internacional utilizado para valores de $\delta^{13}\text{C}$ é o PeeDeebelemnite (PDB, da formação Peedee do Grand Canyon nos Estados Unidos), e o padrão para $\delta^{15}\text{N}$ é o Nitrogênio atmosférico, os quais apresentam valores de $\delta = 0$ ‰ (Lobo et al., 2001).

A diferença na composição isotópica de materiais naturais é devido ao fracionamento isotópico, que é a consequência da redistribuição dos isótopos entre os compostos ou fases que interagem, a qual aumenta a concentração relativa de um isótopo em um composto e diminui em outro (O'Leary et al., 1981).

Isótopos estáveis de carbono têm sido utilizados para identificar matéria orgânica originada de diferentes tipos de plantas terrestres, pois plantas através de diferentes vias fotossintética fixam seletivamente o isótopo ^{13}C do carbono, com cerca de 1,11 % de abundância na natureza, contra 98,89 % de ^{12}C , produzindo relações $^{13}\text{C} / ^{12}\text{C}$ características nos materiais vegetais. Durante esse processo as plantas tendem a promover fracionamentos isotópicos contra o isótopo mais pesado fazendo com que fiquem mais enriquecida em ^{12}C , o mais leve, em relação a sua fonte (Martinelli et al, 1988) . Plantas C_3 , na maioria árvores, representativas de floresta, caracterizam um clima úmido e são empobrecidas em ^{13}C ($-30,0$ a $-23,0$ ‰), comparadas a gramíneas C_4 ($-9,0$ a $-17,0$ ‰) dominantes em savanas que caracterizam um clima seco (Meyers, 1994).

A diferença isotópica entre plantas C_3 e C_4 está na forma pela qual o CO_2 atmosférico é fixado. As duas enzimas envolvidas na fixação inicial do carbono nos ciclos C_4 (Hatch-Slack) e C_3 (Calvin) são respectivamente fosfoenolpiruvato (FEP) carboxilase e ribose-1,5-bifosfato (RuBF) carboxilase. Estudos *in vitro* mostraram que a discriminação isotópica da FEP carboxilase é relativamente menor ($-0,5$ a $-3,6$ ‰) que da (RuBF) carboxilase, com valores entre -23 e -41 ‰ (Fry e Sherr, 1984).

Plantas CAM (metabolismo ácido crassuláceo) cobrem toda a faixa de plantas C_3 e C_4 . Porém, quando submetidas à mesma fonte de CO_2 , apresentam diferentes discriminações contra o isótopo ^{13}C na absorção de CO_2 (Griffiths, 1992).

O $\delta^{15}\text{N}$ é chamado de isótopo sociável, por ajudar na interpretação de outros isótopos, acoplados biologicamente, como $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{34}\text{S}$ (Handley & Raven, 1992). Durante o ciclo do nitrogênio ocorrem fracionamentos isotópicos na fixação e

assimilação do nitrogênio por plantas e organismos, nas reações biológicas de oxido-redução como nitrificação e desnitrificação e nas reações catabólicas durante a respiração, decomposição e remineralização da matéria orgânica, modificando assim a abundância isotópica natural de nitrogênio da matéria orgânica e de formas inorgânicas (Cifuentes et al., 1988).

Comparações entre solos cultivados e solos virgens mostraram que solos cultivados são isotopicamente mais pesados em ^{15}N que solos virgens, pois o nitrato, isotopicamente mais pesado, é originado de resíduo animal, como resultado da hidrólise da uréia e perda de amônia (mais leve), por volatilização (Lobo et al., 2001).

2.5 Referências Bibliográficas

CARTER, M. R.; GREGORICH, E. G.; ANGERS, D. A.; DONALD, R. G.; BOLINDER, M. A. Organic C and N storage, and organic fractions, in adjacent cultivated forest soils of eastern Canada. **Soil & Tillage Research**, v. 47, p. 253-261, 1998.

CIFUENTES, L. A.; SHARP, J. H.; FOGEL, M. L. Stable carbon and nitrogen isotope biogeochemistry in the Delaware estuary. **Limnology & Oceanographic**, v. 33, n. 5, p. 1102-1115, 1988.

CUNHA, G. C. da; GRENDENE, L. A.; DURLO, M.A.; BRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência e Floresta**, Santa Maria, v. 3, n.1, p. 35-64, 1993.

DAMES, J. F.; SHOLES, M. C.; STRAKER, C. J. Nutrient cycling in a *Pinus patula* plantation in the Mpumalanga Province, South Africa. **Applied Soil Ecology**, v: 20, p. 211-226, mar. 2002.

FEARNSIDE, P. M. Biodiversidade nas Florestas Amazônicas Brasileiras: riscos, valores e conservação. **Revista Holos**, p. 33-59, 1999.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. United States of America, John Wiley & Sons, 1986, 620 p.

FRITZ, P., FONTES, J. CH. **Handbook of Environmental Isotope Geochemistry, v. 1. The terrestrial Environment**, A. Elsevier Scientific Publishing Company, 1980, 545 p.

FRY, B., SHERR, E. B. $\delta^{13}\text{C}$ measurements as indicators of carbon flow in marine and freshwater ecosystems. **Contributions in Marine Science**, v. 27, p. 13-47, 1984.

GRIFFITHS, H. Carbon isotope discrimination and integration of carbon assimilation pathways in terrestrial CAM plants. **Plant. Cell and Environment**, v. 15, p. 1051-1062, 1992.

HANDLEY, L. L. & RAVEN, J. A. The use of natural abundance of nitrogen isotopes in plant physiology and ecology. **Plant Cell Environment**, v. 15, p. 965-985, 1992

LAURENCE, W. F. Do edge effects occur over large spatial scales? **Trends in Ecological Evolution**, v. 15, n. 4, p. 134-135, 2000.

LEITÃO-FILHO, H.F. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão**. Editora da UNESP, Campinas, 1993, 184 p.

LOBO, I.; MOZETO, A. A.; ARAVENA, R. Paleohydrological investigation of Infernão Lake, Moji-Guacú River watershed, São Paulo, Brasil. **Journal of Paleolimnology** 11 26, p.119-129, 2001.

MARIOTTI, A.; BALESSENT, J. ^{13}C natural abundance as a tracer of soil organic matter turnover and paleoenvironment dynamics. **Chemical Geology**, v. 84, p. 217-220, 1990.

MARSHALL. E. J. P.; MOONEN, A. C. Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v: 89, p. 5-21, 2002.

MARTINELLI, L. A.; VICTORIA, R. L.; MATSUI, E. Utilização das variações de $\delta^{13}\text{C}$ no estudo de cadeias alimentares em ambientes aquáticos: princípios e perspectivas. **Acta Limnol. Brasil.**, v. 11, p. 859-882, 1998.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R.R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecídua no Município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, p. 405-412, 1999.

MEYERS, P. A. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. **Chemical Geology**, v. 114, p. 289-302, 1994

MORAES, R. M.; DELITTI, W. B. C.; STRUFFALDI-DE VUONO, Y. Litterfall and litter nutrient content in two Brazilian Tropical Forests. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, p. 9-16, 1999.

O'BRIEN, M. J.; PIRES. O'BRIEN, C. M. **Ecologia e Modelamento de Florestas Tropicais**. Belém. FCAP. Serviço de Documentação e Informação, 1995. 400 p.

O'LEARY, M. H. Carbon isotope fractionation in plants. **Phytochemistry**, v. 20, n. 4, p. 553-567, 1981.

OLIVEIRA, R. R.; SILVA, R. F.da; LIMA, E. Transferência de nutrientes em Floresta Pluvial Atlântica sob manejo de populações caixaras. **Pesquisas Botânica**, n. 55, p. 217-226, 2004.

PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente. **O estado atual da cobertura florestal do Paraná**. <http://www.pr.gov.br/sema/atlas_pdf/9.pdf> acessado em 30/09/2003.

PAGANO, S.N. Produção de folheto em mata mesófila semidecídua no Município de Rio Claro, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, p. 633-639, 1989.

PAUL, E. A.; MORRIS, S. J.; SIX, J.; PAULISTAN, K.; GREGORICH, E. G. Interpretation of soil carbon and nitrogen dynamics in agricultural and afforested soils. **Soil Science Socyete American Journal**, v. 67, p. 1620-1628, 2003.

PRESTON, T. The measurement of stable isotope natural abundance variations. **Plants Cell and Environment**, v. 15, p. 1091-1097, 1992.

RESENDE, M.; CURTI, N.; RESENDE, S. B. de e CORREIA, G. F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: Neput, 1995. 200 p.

RODRIGUES, E. **Edge effect on the regeneration of forest fragments in south Brazil**, 1998, 172 p. D. Phil. Dissertation - Harvard University, Cambridge.

SCHLITTLER, F.H.M.; MARINIS, G.; CÉSAR, O. Produção de serapilheira na floresta no Morro do Diabo, Pontal de Paranapanema, São Paulo. **Naturalia**, v.18, p. 135-147, 1993.

SUNDARAPANDIAN, S. M.; SWAMY, P. S. Litter production and leaf-litter decomposition of selected tree species in tropical forest at Koyar in the Westerns Ghats, India. **Forest Ecology and Management**, v. 123, p. 231-244, jan. 1999.

TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F. de; MARTINS, P. F. S. Ciclagem de nutrientes através da liteira em floresta, capoeira e consórcios com plantas perenes. **Revista Ciência Agrária**. Belém, PA, v. 36, p. 19-27, jul/dez. 2001.

VITOUSEK, P. Nutriente cycling, and use efficiency. **American Naturalist**, v. 119, p.553-572, 1982.

VITOUSEK, P.; M.; SANFORD, JR. Nutrient cycling in most tropical forest. **Annual Review Ecology Science**, v. 17, p. 137-167, 1986.

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

3. ARTIGO 1: CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA SERAPILHEIRA DE BORDAS FLORESTAIS NA REGIÃO DE LONDRINA, PARANÁ.

3.1 Resumo

Florestas tropicais vêm sendo transformadas em mosaicos onde os fragmentos florestais encontram-se em uma matriz agro-pastoril. A ação de elementos externos como radiação solar, vento, pesticidas e fertilizantes faz a floresta próxima à borda se diferenciar do interior. O estudo da composição química da serapilheira de bordas florestais foi realizado na região de Londrina, Paraná no período de agosto de 2004 a julho de 2005 com o objetivo de verificar a relação entre alterações na composição de espécies arbóreas e a ciclagem de nutrientes nesses locais. A produção anual de serapilheira, em quantidade de matéria seca, foi estimada em 7.263 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para 0 m, 7,450 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para 35 m e 6.646 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para 70 m. A maior deposição ocorreu nos meses de agosto e setembro, final da estação seca. As quantidades de nutrientes provenientes da fração foliar depositados no solo da floresta durante o ano foram 186,71 kg de N; 23,2 kg de P; 110,03 kg de K; 146,96 kg de Ca e 41,19 kg de Mg por hectare. Ca e Mg apresentaram similaridade quanto à eficiência de sua utilização na borda e a 35 m, diferindo de 70 m. Para o Cálcio a borda e 35 m apresentam menores valores e para o Mg os maiores valores. Nitrogênio e fósforo apresentaram semelhanças na eficiência na borda e em 70 m, diferindo de 35 m. Para o nitrogênio aos 35 m, constatou-se menor eficiência em sua utilização e para o fósforo em 35 m constatou-se maior eficiência.

Palavras-chaves: serapilheira, eficiência nutricional, transferência de nutrientes.

3.2 Abstract

Tropical forests have been transformed in mosaics in which forest fragments are in an agricultural or pasture matrix. The external action of elements as solar radiation, wind, pesticides and fertilizers make the close to forest the border differentiates of the interior. Chemical composition of litter in edge forest was accomplished in Londrina, Paraná region from August/ 2004 to July/ 2005 to verifying production and use of nutrients in litter of areas with intermediate levels of disturbance, as edge forests. The annual litter production was estimated at 7.263 kg ha⁻¹ year⁻¹ para 0 m, 7,450 kg ha⁻¹ year⁻¹ para 35 m e 6.646 kg ha⁻¹ year⁻¹ para 70 m. The large deposition happened in August and September, final of the dry season. The amounts of nutrients of the foliar fraction deposited in the soil of the forest during the year were 186,71 kg of N; 23,2 kg of P; 110,03 kg of K; 146,96 kg of Ca and 41,19 kg of Mg. The efficiency use of the nutrients Ca and Mg present similarity in edge and to 35 m, differing of 70 m. Calcium in edge and 35 m present smaller values and Mg the largest values. Nitrogen and phosphorus

presented similarities in the efficiency in edge and 70m, differing of 35 m. Nitrogen in 35 m present smaller efficiency and for the phosphorus in 35 m larger efficiency was verified.

Keywords: litter, nutritional efficiency, transference of nutrients.

3.3 Introdução

A serapilheira, composta por folhas mortas e outros materiais de origem orgânica situada na superfície do solo, é um dos compartimentos de florestas naturais capaz de armazenar e reciclar nutrientes, pois através de sua velocidade de queda e degradação regula o fluxo de energia, produtividade primária e a ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais.

A produção anual de serapilheira varia com o tipo de ecossistema, natural ou cultivado, com o estágio de desenvolvimento destes ecossistemas, e depende também da densidade de árvores, área basal, altitude, latitude e sazonalidade (Teixeira et al., 2001; Sundarapandian e Swamy, 1999). Dentro de um mesmo tipo florestal, a produção anual de serapilheira varia de acordo com o grau de perturbação (Pagano, 1989). Áreas muito perturbadas apresentam maior quantidade de pioneiras, com crescimento rápido, ciclo de vida mais curto, com maior produção de biomassa em um curto espaço de tempo. Áreas menos perturbadas apresentam menor quantidade de espécies pioneiras e menor produção líquida de biomassa, sendo possível a observação do nível de perturbação em um mesmo tipo florestal através da quantidade de biomassa (Martins e Rodrigues, 1999).

Quando uma floresta é fragmentada, forma-se uma margem entre o interior da floresta e a matriz ao seu redor, delineando uma transição repentina entre floresta e pastagens, lavouras, estradas e cidades; e o chamado efeito de borda é o conjunto de características associadas à junção destes *habitats* (Murcia, 1995).

A criação da borda resulta no aumento à exposição solar, vento, chuvas e efeitos de herbicidas das espécies ali existentes. Espécies adaptadas às condições da floresta contínua passam a ser expostas a esta nova condição, não resistindo na maioria das vezes, dando lugar a espécies mais generalistas, tolerantes a distúrbios e estresse. (Rodrigues, 1998).

O objetivo desse estudo foi quantificar a produção de serapilheira e a possível utilização dos nutrientes Ca, Mg, P, N e K, contidos na serapilheira para a verificação da dinâmica de bordas florestais. Supõe-se que pelo fato de bordas florestais apresentarem alta densidade vegetal, o estoque de nutrientes da borda provavelmente seja maior que no interior da floresta e que a ciclagem de nutrientes nas bordas aconteça em ciclos mais curtos que no interior, propiciando maior perda de nutrientes para o ambiente.

Estes conhecimentos serão de grande importância para a proposição de estratégias de conservação dos fragmentos florestais, pois fornecerão informações sobre a resistência do ambiente a diversos fatores de tensão, principalmente a atividade humana.

3.4 Material e Métodos

3.4.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido em sete fragmentos florestais na região norte estado do Paraná, a aproximadamente 23° S de latitude e 50° W de longitude. O solo predominante na região é o Latossolo Vermelho Distroférico.

De acordo com a classificação de Koeppen, o clima da região é Cfa, subtropical úmido (Correa et al., 1982). A vegetação é do tipo Floresta Estacional Semidecidual (Veloso e Góes Filho, 1982).

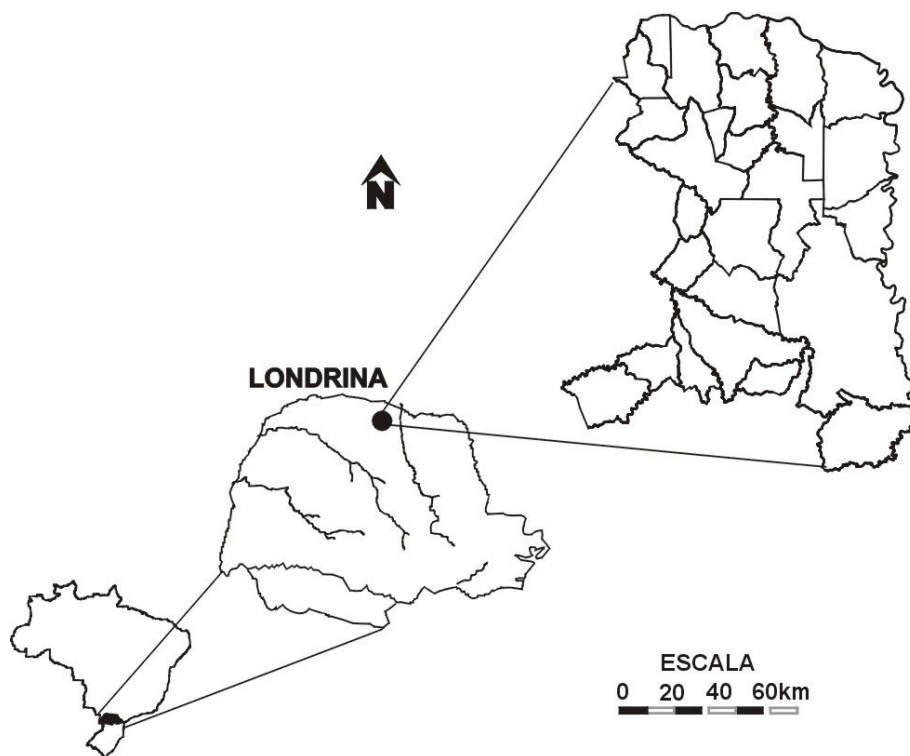


Figura 3.1 Localização da Área de Estudo.

Rodrigues (1998) estudou dezenove fragmentos florestais da região de Londrina, que foram escolhidos de acordo com o tamanho, de 0,4 a 650 ha e divididos em 48 transectos de acordo com a posição da bordas em relação à insolação. Para esse estudo foram escolhidos ao acaso sete desses fragmentos (tabela, 3,1), visando sobrepor os resultados deste estudo com os resultados de fitossociologia/fisionomia das bordas obtidos anteriormente.

Tabela 3.1 Características dos Fragmentos Florestais.

Fragmentos	Abreviatura	Área (ha)	Latitude	Longitude
Rolândia	R	25,00	o 51° 29' 29"	s 23° 16' 03"
Rolândia Pequeno	Rp	09,00	o 51° 29' 41"	s 23° 15' 23"
Paiquerê	P	56,00	o 51° 00' 24"	s 23° 30' 38"
Sertanópolis Pequeno	Sp	04,00	o 51° 03' 35"	s 23° 03' 03"
Sertanópolis	S	10,00	o 51° 03' 52"	s 23° 02' 53"
Godoy	G	67,82	o 51° 14' 23"	s 23° 25' 08"
Godoy Pequeno	Gp	13,43	o 51° 14' 19"	s 23° 22' 53"

3.4.2 Produção e aporte de nutrientes na serapilheira

Amostras de serapilheira dos sete fragmentos florestais foram coletadas em redes de nylon 50 x 50 cm, elevadas a 30 cm do solo. Foram utilizados três coletores por fragmento, um na borda florestal (0 m), outro a 35 m, distância intermediária entre a borda e o interior (Rodrigues, 1998) e outro a 70 m de distância da borda, interior da floresta. Essas distâncias foram escolhidas de acordo com os

resultados obtidos por Rodrigues (1998) que verificou que em 35 m ocorria a transição entre borda e interior. Os coletores foram colocados nos mesmos transectos utilizados por Rodrigues (1998), um transecto por fragmento, os quais apresentam um tamanho de 4 m x 100 m. As amostras foram recolhidas mensalmente durante um ano (08/08/2004 a 07/07/2005). Após a coleta as redes foram posicionadas em outro local, dentro do limite de 4 m, para que houvesse maior representatividade na amostragem. Folhas, galhos e partes reprodutivas foram separados e secos à 70° C até peso constante. As amostras foram pesadas para avaliação de peso seco e as folhas foram trituradas em moinho de aço inoxidável para análises de nutrientes. Foram realizadas digestões sulfúricas para a determinação de nitrogênio e digestões nitro-perclóricas para a determinação de fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

A determinação da quantidade de cálcio e magnésio no tecido vegetal foi realizada por Espectrometria de Absorção Atômica, utilizando lâmpadas de cátodo oco do metal como fonte de energia e solução de lantânio 0,1%, para prevenir a ação de interferentes. Fósforo foi determinado por Espectrofotometria de absorção molecular a 630 nm, com solução 2 % de molibdato de amônio e ácido ascórbico. O potássio foi determinado através de fotometria de chama. Nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldhal (Tedesco, 1995).

3.4.3 Análises estatísticas

A comparação entre a produção de serapilheira e os teores de nutrientes da folhas da serapilheira nas diferentes distâncias da borda foi efetuada utilizando análise de variância e teste de Tukey a 5% de significância.

As diferenças químicas entre as distâncias da borda foram determinadas através de um coeficiente multidimensional. A diferença entre os dados de distância da borda foi calculada de acordo com as médias das distâncias da borda (n=7) para cada parâmetro químico: N, P, K, Ca e Mg. Os dados foram divididos em três grupos para o cálculo da diferença entre 0 m e 35 m, entre 35 e 70 m e entre 70 m e 0m, respectivamente:

$$D_{0-35} = \sqrt{(Ca_0-Ca_{35})^2 + (Mg_0-Mg_{35})^2 + (P_0-P_{35})^2 + (K_0-K_{35})^2 + (N_0-N_{35})^2}$$

$$D_{35-70} = \sqrt{(Ca_{35}-Ca_{70})^2 + (Mg_{35}-Mg_{70})^2 + (P_{35}-P_{70})^2 + (K_{35}-K_{70})^2 + (N_{35}-N_{70})^2}$$

$$D_{70-0} = \sqrt{(Ca_{70}-Ca_0)^2 + (Mg_{70}-Mg_0)^2 + (P_{70}-P_0)^2 + (K_{70}-K_0)^2 + (N_{70}-N_0)^2}$$

A utilização das fórmulas garantiu que a análise fosse realizada levando em conta todas as dimensões possíveis, no caso, cinco dimensões, representadas pelos parâmetros químicos. A significância destes coeficientes multidimensionais foi testada por meio de permutações de Monte Carlo, implementadas em Excel. Foram realizadas 10.000 permutações. As diferenças reais das variáveis químicas foram comparadas com os valores resultantes da permutação a (5%), que é a probabilidade da hipótese nula ser correta.

A eficiência da utilização de nutrientes pelas plantas foi calculada através da relação entre a biomassa de serapilheira produzida e a quantidade de nutrientes transferidos por esta fração (Vitousek, 1982). Os valores obtidos foram submetidos à permutação de Monte Carlo para verificação de possíveis diferenças na eficiência da utilização de nutrientes com relação à distância da borda florestal.

3.4.4 Características dos solos

Os solos dos fragmentos florestais mostraram-se homogêneos, tanto para o teor de nutrientes (anexo 1), quanto para a composição isotópica (anexo 2). O único nutriente que diferiu entre os fragmentos foi o fósforo, no qual o fragmento Sertanópolis (S) apresentou maior quantidade, diferindo dos demais. Dentro desse fragmento não foi possível verificar diferenças quanto à distância da borda.

3.5. Resultados e Discussão

3.5.1 Produção de serapilheira

A produção média anual em matéria seca de serapilheira foi estimada através da soma dos valores mensais da produção de serapilheira dos sete fragmentos em cada distância da borda, e do cálculo da média desses valores. Os valores obtidos foram de 7.263 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para 0 m, 7.450 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para 35 m e 6.646 kg ha⁻¹ ano⁻¹ para 70 m. Os valores enquadram-se nos resultados encontrados para florestas semidecíduas de São Paulo por Carpanezzi (1980) e Poggiani e Monteiro Jr (1990), com 6.740 kg ha⁻¹ ano⁻¹ e 8.050 kg ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, por Cunha et al. (1993) floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul, 7.762 kg ha⁻¹ ano⁻¹ e por Pinto (2005) em floresta Estacional Semidecidual de Minas Gerais, cujo valor encontrado foi de 8.818 kg ha⁻¹ ano⁻¹. Os valores de produção de serapilheira nas bordas foram semelhantes aos valores encontrados para florestas conservadas, não sendo possível verificar o efeito da influência antrópica nos fragmentos através desse parâmetro.

A quantidade de serapilheira depositada mensalmente foi determinada através da média da quantidade depositada mensalmente nos sete fragmentos. O mês em que houve maior produção de serapilheira foi setembro, figura 3.2. A queda de material foliar em florestas tropicais é de modo geral contínua, mas variável, apresentando um pico máximo na estação seca devido principalmente à ausência de extremos climáticos e à diversidade biológica (Vital et al., 2004)

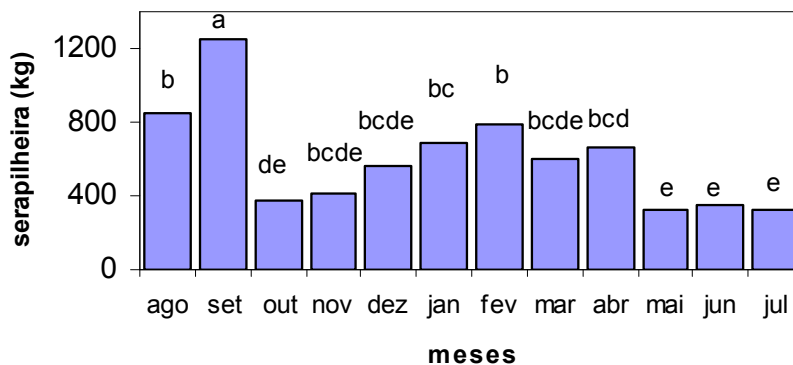


Figura 3.2 Queda mensal de serapilheira nas bordas.

Médias seguidas de mesma letra não diferem em teste de Tukey a 5%; (n= 21); CV % = 45,67

A maior deposição da fração foliar no final da estação seca pode ser uma resposta da vegetação ao estresse hídrico, pois a queda de folhas reduziria a perda de água por transpiração (Martins e Rodrigues, 1994). A maior queda de material foliar em florestas semidecíduas tem sido atribuída à baixa disponibilidade de água, à temperatura (Poggiani e Monteiro Júnior, 1990) e à disponibilidade de nutrientes (Martins e Rodrigues, 1994).

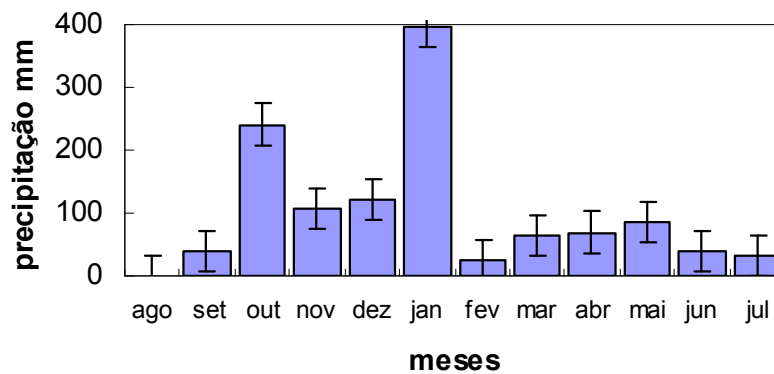


Figura 3.3 Precipitação pluviométrica (agosto de 2004 a julho de 2005).

Foram realizados testes de Tukey para verificar as interações: distância – fragmento, meses – fragmento e distância – meses. A interação distância – fragmento foi significativa nos fragmentos Rolândia (*R*), Paiquerê (*P*), Sertanópolis Pequeno (*Sp*) e Sertanópolis (*S*). As maiores quantidades de serapilheira depositadas no solo dos fragmentos foram: fragmento *R* em 0 m e 70 m; *P* em 70 m; *S* em 0 m e 35 m; *Sp* em 35 m, figura 3.4.

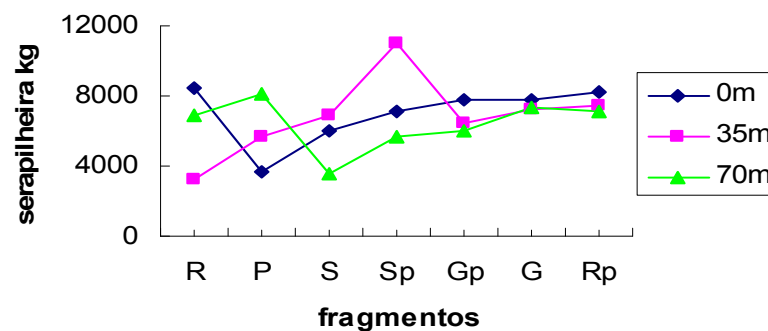


Figura 3.4 Média da quantidade de serapilheira depositada por hectare anualmente nos fragmentos florestais em 0 m, 35 m e 70 m (n=11)

Nos fragmentos *R* em 0 m e 70 m e *Sp* em 35 m há maior número de árvores do que em outras distâncias da borda, o que explica a maior deposição de serapilheira, tabela 3.2.

Tabela 3.2. Distribuição de número de indivíduos e do número de espécies nos fragmentos florestais.

Locais	Nº de indivíduos	Nº de espécies
R0	65	16
R35	6	4
R70	19	9
P0	20	7
P35	14	7
P70	20	11
Sp0	25	14
Sp35	36	15
Sp70	15	9
S0	17	17
S35	11	11
S70	41	41

O fragmento *P* em 0 m e 35 m apresentou números iguais de indivíduos, porém em 70 m há maior quantidade de espécies, indicando também o efeito das espécies na deposição de serapilheira.

Para os Sertanópilos, 0 m e 35 m e para os fragmentos Godoy, Godoy Pequeno e Rolândia pequeno, onde não se pode verificar diferenças entre as distâncias, porém houve grande deposição de serapilheira, a quantidade de serapilheira depositada pode ser conseqüência do grau de perturbação nessas áreas. Como estratégia de recuperação, áreas degradadas investem grande aporte de energia na produção de material foliar, depositando maior quantidade de serapilheira. Este aporte de energia para produção foliar é priorizado até o momento em que o dossel se

fecha, a partir daí a produção de serapilheira e a ciclagem se estabilizam e a energia é gasta para o crescimento em área basal e volume de madeira (König et al., 2002)

3.5.2 Teste de Monte Carlo para as distâncias da borda

Entre 0 e 35 m a distância química multidimensional calculada foi de 0,24, entre 35 – 70 m foi de 0,28 e entre 0 e 70 m foi de 0,47; enquanto a distância mínima significativa (dms) na permutação foi de 0,13. Este valor (dms) foi resultado de 10 000 combinações possíveis das diferenças químicas entre as distâncias da borda. Os valores das 10 000 permutações foram ordenados e com 5% de significância chegou-se a 0,13 (valor 9500). Portanto, há diferença significativa entre todas as distâncias da borda florestal com relação à composição química das folhas na serapilheira. Pode-se observar que valores da distância real entre 0 – 35 m e 35 – 70 m são semelhantes, enquanto a distância entre 0 – 70 m é quase o dobro. Indicando um limiar de natureza química entre 35 e 70 m de distância da borda.

3.5.3 Transferência de nutrientes via serapilheira

A transferência de nutrientes da serapilheira pode ser estimada multiplicando-se a quantidade de serapilheira depositada (g de serapilheira) pelo teor dos nutrientes da sua fração foliar tabela 3.3.

No período de agosto de 2004 a julho de 2005 foram transferidos em média 146,96 kg de Ca; 41,17 kg de Mg; 23,20 kg de P; 110,03 kg de K e 186,73 kg de N por hectare.

A ordem de transferência de nutrientes nos fragmentos foi: N>Ca>K>Mg>P a mesma seqüência encontrada por Poggiani e Monteiro Jr (1990) e por Pinto (2005) para floresta conservada.

Tabela 3.3. Estimativa da transferência anual de nutrientes via serapilheira

Meses	Cálcio	Magnésio Kg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹	Fósforo	Potássio	Nitrogênio
Agosto	21,21(B)	5,59 (B)	2,45(B)	14,00 (ns)	20,67(B)
Setembro	36,39 (A)	8,16 (A)	3,54 (A)	13,91 (ns)	30,89 (A)
Outubro	10,34 (CD)	2,00 (C)	1,22 (CD)	02,39(ns)	09,48 (CD)
Novembro	08,76 (CD)	2,48(C)	1,61 (BCD)	02,59(ns)	13,49(BCD)
Dezembro	11,98(CD)	2,22(C)	1,93 (BCD)	03,09(ns)	15,47(BCD)
Janeiro	13,81(BC)	3,71(BC)	2,18 (BC)	08,18(ns)	18,19 (B)
Fevereiro	08,73(CD)	3,48(BC)	2,37 (B)	08,61(ns)	20,38(B)
Março	11,88(CD)	2,84(C)	2,05(BCD)	38,32(ns)	15,90(BCD)
Abril	9,19(CD)	4,03(BC)	2,14(BC)	06,40(ns)	16,78(BC)
Mai	04,39(D)	2,26(C)	1,18(CD)	02,44(ns)	08,18(CD)
Junho	04,31(D)	1,75(C)	1,07(D)	03,58(ns)	08,5(D)
Julho	05,97(D)	2,67(C)	1,47(CD)	06,52(ns)	08,80(CD)
Total	146,96	41,17	23,20	110,03	186,73
CV%	59,5	66,9	56,3	475	52,0

Médias seguidas de mesma letra não diferem a 5% de significância em teste de Tukey (n=21)

A transferência de nutrientes no interior da floresta, 70 m, foi menor para a maioria dos nutrientes, exceto Cálcio e Potássio, onde não foi possível verificar diferenças entre as distâncias da borda, tabela 3.4.

O potássio mostrou-se distinto dos outros nutrientes, com grandes variações durante o ano, devido à grande solubilidade do elemento, facilitando sua lixiviação após o processo de decomposição da serapilheira (O' Connell, 1988).

Tabela 3.4 Transferência de nutrientes via serapilheira em diferentes distâncias da borda florestal. Kg.ha⁻¹.ano⁻¹

Distância	Cálcio	Magnésio	Fósforo	Potássio	Nitrogênio
	Kg.ha⁻¹.ano⁻¹				
0m	155,16 (A)	44,44 (A)	23,58 (A)	85,44(ns)	179,20(AB)
35m	143,00(A)	39,80(A)	23,47(A)	82,26(ns)	200,60(A)
70m	124,58(A)	30,37(B)	18,18 (B)	46,049(ns)	153,96 (B)

Médias seguidas de mesma letra não diferem a 5% de significância em teste de Tukey (n=77).

Foram realizados testes de Tukey para as interações: *local – mês*, *local -distância da borda* e *mês - distância da borda*. A interação *mês - distância da borda* não apresentou diferença significativa para transferência de nenhum nutriente, indicando que o efeito químico de borda não varia durante o ano, quantidades semelhantes de nutrientes são depositados no solo em 0 m; 35 m e 70 m independente da época do ano. Porém a interação *local – distância da borda* apresentou variação de fragmento para fragmento, indicado pela significância para a maioria dos nutrientes, exceto potássio. Não foi possível verificar efeito de borda, pois para alguns fragmentos a borda apresentava semelhanças com 35 m enquanto para outros a borda era semelhante a 70 m.

Para a interação *local – mês* não foi possível verificar diferenças significativas, indicando que a transferência de nutrientes durante o mês não varia conforme o fragmento estudado.

3.5.4 Eficiência da utilização dos nutrientes

A baixa eficiência de um nutriente indica que o suprimento do mesmo é adequado às espécies que o utilizam (Vitousek, 1982). O nitrogênio apresentou menor taxa de utilização, isso se deve a abundância relativa de leguminosas em florestas tropicais, responsáveis pelos altos níveis de nitrogênio disponível, causando baixa eficiência na utilização desse elemento (Vitousek, 1984).

A eficiência da utilização dos nutrientes na borda e em 35 e 70 m de distância apresentou-se igual, diferindo a 70 m para Ca e Mg. Cálcio na borda e a 35 m apresentaram menores valores e para o Mg os maiores valores (tabela 3.5). Nitrogênio e fósforo apresentaram semelhanças na eficiência na borda e em 70 m, diferindo de 35 m. A 35 m constatou-se menor eficiência na utilização do N e maior eficiência na utilização do P, sendo possível verificar o “efeito de borda” somente para Cálcio e Magnésio.

Tabela 3.5 Eficiência do uso de nutrientes pelas plantas nas diferentes distâncias da borda florestal.

Distância	Cálcio	Magnésio	Fósforo	Potássio	Nitrogênio
0m	56,61 (B)	245,9 (A)	301,0(B)	302,7(A)	38,56(A)
35m	61,24(B)	271,4(A)	334,2(A)	277,3(A)	37,42(B)
70m	108,62(A)	267,5(B)	338,8(B)	86,61(A)	40,67 (A)

Médias seguidas de mesma letra não diferem a 5% de significância (n= 77)

Espécies presentes na borda florestal utilizam o Mg com mais eficiência do que espécies do interior da floresta. O aumento da luminosidade na borda faz com que a taxa de fotossíntese seja aumentada, sendo necessária maior quantidade de Mg no processo, elemento central da estrutura química da clorofila.

Cálcio é utilizado com maior eficiência pelas espécies do interior. Em ambientes onde espécies são submetidas a estresse como salinidade, choques de frio e calor, ventos e elevadas concentrações de metais concentração de Ca^{2+} no citoplasma é aumentada (Epstein e Bloom, 2006). Espécies presentes nas bordas são submetidas à condições de estresses, não utilizam todo o Ca^{+2} disponível; enquanto espécies do interior, não submetidas a estresses, utilizam eficientemente o Cálcio disponível.

3.6 Conclusões

A produção de serapilheira apresentou pequena variação durante o ano e pequena variação entre os fragmentos.

A quantidade de nutrientes encontrada na serapilheira presente na borda florestal diferencia-se da encontrada no interior da floresta, em 35 m observou-se a interface borda-interior. Os nutrientes que apresentaram maior quantidade depositada no solo da borda e em 35 m foram: Mg e P, para os demais nutrientes não foi possível verificar diferenças quanto à distância da borda.

A ordem de transferência de nutrientes nos fragmentos foi: $\text{N} > \text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}$ a mesma seqüência encontrada para florestas conservadas, o que permite inferir que os fragmentos estão se comportando como florestas conservadas

em termos de transferência de nutrientes. Porém, a eficiência na utilização dos nutrientes Ca, Mg e N apresentaram diferenças com relação à distância da borda.

Espécies presentes na borda florestal utilizam com mais eficiência o Mg do que espécies do interior da floresta. O Cálcio é utilizado com maior eficiência pelas espécies do interior. Para o nitrogênio em 35 m constatou-se menor eficiência da utilização desse nutriente e para o fósforo em 35 m constatou-se maior eficiência.

A maior deposição e utilização do Mg por espécies da borda são devido à alta taxa de luminosidade a qual as árvores são submetidas, e a maior deposição de P está relacionada à presença de agricultura nas margens do fragmento. Essas considerações são indícios da influência antrópica nos fragmentos florestais.

Os dados de produção de serapilheira podem indicar indícios de influência antrópica na maioria das bordas dos fragmentos e, para os fragmentos Godoy, Goody pequeno e Rolândia pequeno graus de perturbação no fragmento todo.

Para a manutenção dos remanescentes florestais, é imprescindível o manejo dessas áreas. Diante da análise dos resultados, a adubação química não seria uma estratégia recomendável, pois a transferência de nutrientes nas diferentes distâncias da borda se mostrou semelhante a florestas conservadas e o solo dos fragmentos não apresentou diferenças significativas quanto à fertilidade.

3.7 Referências Bibliográficas

CARPANEZZI, A. A. **Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e uma plantação de *Eucalyptus* no interior do Estado de São Paulo.** 1980. 107 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

CORREA, A. R.; GODOY, H.; BERNARDES, L. R. M. **Circular Técnica IAPAR: 5: Características climáticas de Londrina. Londrina, 1982. 16p.**

CUNHA, G. C. da; GRENDENE, L. A.; DURLO, M.A.; BRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em floresta estacional decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição da serapilheira. **Ciência e Floresta**, Santa Maria, v. 3, n.1, p. 35-64, 1993.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas: Princípios e perspectivas.** 2 ed. Editora Planta, PR, 2006. 402,p.

KÖNIG, F. G.; SHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; SELING, I. Avaliação da sazonalidade na produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria - RS. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 429-435, 2002.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R.R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecídua no Município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 22, p. 405-412, 1999.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. **Trends in Ecological Evolution**, v. 10, p. 58-62, 1995.

O'CONNELL, A. M. Nutrient dynamics in decomposing litter in Karri (*Eucalyptusdiversicolor* F. Muell.) forests of South-Western Australia. **Journal of Ecology**, v. 76, p. 1186-1203, 1988.

PAGANO, S.N. Produção de folheto em mata mesófila semidecídua no Município de Rio Claro, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, p. 633-639, 1989.

PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F.; ZEMPULSKI, H. C.; MIYAZAWA, M.; ZOCOLER, D. C. **Manual de análise química de solo e controle de qualidade.** Londrina: IAPAR, 1992. 12 p.

PINTO, S. I. do C. **Florística, estrutura e ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional semidecidual na Reserva florestal Mata do Paraíso, Viçosa – MG.** 2005. 121 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, MG.

POGGIANI, F.; MONTEIRO JÚNIOR, E. S. 1990. Deposição de folhedo e retorno de nutrientes ao solo numa floresta estacional semidecídua, em Piracicaba (Estado de SP). *In: Anais do VI Congresso Florestal Brasileiro. Sociedade Brasileira de Silvicultura*, Campos do Jordão, p. 596-602.

RODRIGUES, E. **Edge effect on the regeneration of forest fragments in south Brazil**. 1998. 172 p. D. Phil. Dissertation - Harvard University, Cambridge.

SUNDARAPANDIAN, S. M.; SWAMY, P. S. Litter production and leaf-litter decomposition of selected tree species in tropical forest at Koyar in the Westerns Ghats, India. **Forest Ecology and Management**, v. 123, p. 231-244, jan. 1999

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEM, H, & VOLKWEISS,S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2º ed. e amp. Porto Alegre, Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia – UFRGS, 1995

TEIXEIRA, L. B.; OLIVEIRA, R. F. de; MARTINS, P. F. S. Ciclagem de nutrientes através da liteira em floresta, capoeira e consórcios com plantas perenes. **Revista Ciência Agrária**. Belém, PA, v. 36, p. 19-27, jul/dez. 2001.

VELOSO, H. P. FILHO, G. **Fitogeografia Brasileira: classificação fisionômica-ecológica da vegetação neotropical**. Salvador. Projeto Radambrasil, 1982.

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

VITOUSEK, P. Nutriente cycling, and use efficiency. **American Naturalist**, v. 119, p.553-572, 1982.

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

ARTIGO 2: INFLUÊNCIA DO SOLO SOBRE A DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES ARBUSTIVO-ARBÓREAS EM BORDAS DE FLORESTAIS NO NORTE DO PARANÁ

4.1 Resumo

Características químicas e isotópicas do solo foram correlacionadas com as espécies arbóreas de sete fragmentos florestais nativos da região de Londrina Paraná para determinar a influência do solo sobre a distribuição dessas espécies. A maioria das espécies apresenta adaptação a áreas com baixos teores de nutrientes e solos ácidos. A composição isotópica do solo da borda florestal apresentou enriquecimento em ^{13}C , devido principalmente a altas taxas de luminosidade a que essas espécies da borda são submetidas e em ^{15}N devido, principalmente a influência da fertilização de áreas agrícolas próximas às bordas.

Palavras- chaves: composição isotópica, borda florestal, fertilidade do solo

4.2 Abstract

Soil Chemical and isotopics variables were correlated to the arboreal species composition of seven native forest fragments of Londrina PR in order to determine the soil influence on the distribution of those species. Most species presented adaptation to areas with low quantity of nutrients and acid soils. Soil isotopic composition on the edge presented ^{13}C enrichment due to the edge high luminosity, and also showed ^{15}N enrichment, due to agricultural fertilizing of agricultural areas close to edges.

Keywords: stable isotopes, edge forest, soil fertility.

4.3 Introdução

Florestas nativas vêm sendo gradativamente transformadas em mosaicos de uso da terra de domínio humano com pequenos fragmentos florestais inseridos em uma matriz agrícola ou pastagem (Etter et al., 2005; Houghton, 1994). No momento em que o fragmento é criado, a fisionomia e composição de espécies arbóreas em sua borda não se diferenciam do seu interior, porém com o passar do

tempo, a ação de elementos externos (radiação solar, vento, pesticidas e fertilizantes, no caso de fragmentos rurais), faz a floresta próxima à borda diferenciar-se do interior.

O solo influi diretamente na regeneração e estabelecimento da vegetação, especialmente das florestas. Ele repõe água e nutrientes, cuja disponibilidade está na dependência do clima geral, do relevo, dos processos físicos do solo, da matéria orgânica disponível, dos microorganismos existentes e ainda da qualidade química dos minerais do solo.

A composição básica do solo florestal ajuda a entender o conceito da ciclagem de nutrientes em florestas e também na conversão floresta-agricultura. A conversão de florestas nativas para agricultura ou pastagens leva à redução do estoque de carbono em um ecossistema devido à remoção imediata da biomassa acima e redução gradual do carbono orgânico do solo (Eshetu *et al.*, 2004).

A origem da matéria orgânica dos solos pode ser verificada através da aplicação isótopos estáveis. A razão $\delta^{13}\text{C}$ ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) registra a mudança na distribuição de plantas C_3 e C_4 (Mariotti e Balesdent, 1990) e a razão $\delta^{15}\text{N}$ ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) é utilizada para avaliar a absorção de N pelas raízes sobre diversos níveis de estresse. A composição isotópica é medida através da razão do isótopo mais raro pelo mais comum da amostra, em relação a um padrão pré-determinado. Os resultados são expressos através de um valor diferencial δ definido como: $\delta X = (R_x/R_{\text{padrão}} - 1) \times 1000$, onde R_x e $R_{\text{padrão}}$ são as razões isotópicas na amostra e nos padrões internacionais (Fritz e Fontes, 1980; Preston, 1992). O padrão internacional utilizado para valores de $\delta^{13}\text{C}$ é o PeeDeebelemnite (PDB, da formação Peedee do Grand Canyon nos Estados Unidos),

e o padrão para $\delta^{15}\text{N}$ é o nitrogênio atmosférico, os quais apresentam valores de $\delta = 0\text{‰}$ (Lobo et al., 2001).

Sendo a serapilheira a principal fonte de carbono para os solos, a composição isotópica de ^{13}C do solo reflete o valor de ^{13}C da flora. A abundância de isótopos de carbono em plantas do grupo C_3 é controlada por variáveis ambientais, como a concentração de CO_2 atmosférico e sua composição isotópica e por fatores fisiológicos como a concentração de CO_2 no espaço intracelular da folha, o que pode ser afetado por fatores ambientais como luz e disponibilidade de água (Martinelli et al., 1997).

O presente trabalho teve como objetivo relacionar a composição (riqueza e abundância) de espécies arbóreas com a quantidade de nutrientes presentes no solo e também com a composição isotópica de carbono e nitrogênio do solo de fragmentos florestais nativos.

O estudo se fundamenta nas hipóteses de que a presença de determinadas espécies de plantas da borda florestal depende da quantidade de nutrientes no solo e que a composição isotópica de ^{13}C do solo é empobrecida no interior da floresta, comparada à borda florestal.

4.4 Material e Métodos

4.4.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi conduzido em sete fragmentos florestais na região norte estado do Paraná, a aproximadamente 23°S de latitude e 50°W de longitude. O solo predominante na região é o Latossolo Vermelho Distroférico.

De acordo com a classificação de Koeppen, o clima da região é Cfa, subtropical úmido (Correa et al., 1982). A vegetação é do tipo Floresta Estacional Semidecidual (Veloso e Góes Filho, 1982).

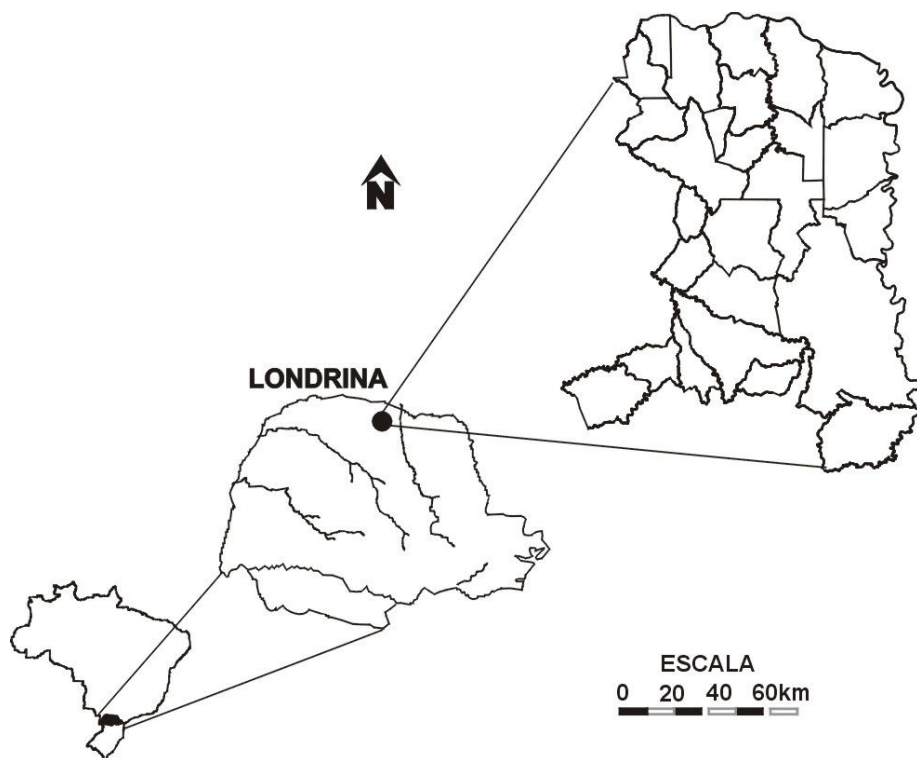


Figura 4.1 Localização da área de estudo.

Os fragmentos florestais foram escolhidos aleatoriamente, entre aqueles com bordas florestais de aproximadamente setenta anos de idade (Rodrigues, 1998). Estes fragmentos constituem parcelas permanentes de pesquisa do Laboratório de Ecologia da Paisagem da Universidade Estadual de Londrina para estudos de efeito de borda, iniciado há dez anos, tabela 4.1. A amostragem nos mesmos pontos do levantamento de Rodrigues (1998), visa analisar conjuntamente os resultados deste estudo com os resultados de fitossociologia/fisionomia das bordas obtidos anteriormente.

Tabela 4.1 Características dos Fragmentos Florestais.

Fragmentos	Abreviatura	Área (ha)	Latitude	Longitude
Rolândia	R	25,00	o 51° 29' 29"	s 23° 16' 03"
Rolândia Pequeno	Rp	9,00	o 51° 29' 41"	s 23° 15' 23"
Paiquerê	P	56,00	o 51° 00' 24"	s 23° 30' 38"
Sertanópolis Pequeno	Sp	4,00	o 51° 03' 35"	s 23° 03' 03"
Sertanópolis	S	10,00	o 51° 03' 52"	s 23° 02' 53"
Godoy	G	67,82	o 51° 14' 23"	s 23° 25' 08"
Godoy Pequeno	Gp	13,43	o 51° 14' 19"	s 23° 22' 53"

Adaptado de Rodrigues, 1998.

4.4.2 Caracterização da vegetação

A caracterização da vegetação dos fragmentos florestais foi realizada por Rodrigues (1998) e repetida por Mardegan (2004). Cada fragmento teve um

transecto analisado, orientado da borda para o interior, medindo 70 m de extensão por 4 m de largura, subdividido em 3 parcelas: borda; 35 m e 70 m.

Em cada parcela foram coletados indivíduos com mais de 1 m de altura e menos de 5 cm de DAP, os quais foram identificados por meio de comparações com exsicatas existentes nos Herbários do Departamento de Botânica e do Laboratório de Ecologia da Paisagem, Departamento de Agronomia da UEL.

4.4.3 Caracterização do solo

A coleta de solo foi realizada em dezembro de 2004. As amostras foram coletadas na profundidade de 0-20 cm, por gradagem, na borda florestal, em 35 m e em 70 m de distância da borda, nos transectos anteriormente descritos. Em cada distância foram coletadas quatro amostras, as quais formaram uma amostra composta. A distância entre cada uma das coletas não ultrapassou 4 m, largura do transecto definido por Rodrigues (1998). As amostras de solo foram secas à temperatura ambiente, e peneiradas em peneiras com malha de 2 mm. As análises químicas para fertilidade do solo foram realizadas no Laboratório de Solos do Departamento de Agronomia- UEL, segundo a metodologia de Pavan et al. (1992). As análises isotópicas de ^{13}C e ^{15}N foram realizadas no Laboratório de Ecologia Isotópica do CENA - USP de Piracicaba.

4.4.4 Análises estatísticas

Foi empregada a análise de correspondência canônica (CCA) utilizando o programa PC-ORD for Windows versão 4.0 (McCune e Mefford, 1999). A matriz de

abundância das espécies foi constituída do número de indivíduos por parcela, totalizando 30 espécies. As espécies com menos de 4 indivíduos na amostra total foram excluídas, para evitar que espécies pouco representativas interferissem na análise dos dados. A matriz das variáveis químicas do solo incluiu pH, N, P, K, Ca, Mg, C e N. A matriz dos isótopos foi composta de %N, %C, ^{13}C , ^{15}N e C:N.

4.5 Resultados e discussão

4.5.1 Características dos solos

Os solos dos fragmentos florestais mostraram-se homogêneos, tanto em relação ao teor de nutrientes (anexo1), quanto para a composição isotópica (anexo 2). O único nutriente que diferiu entre os fragmentos foi o fósforo, no qual o fragmento Sertanópolis (S) apresentou maior quantidade, diferindo dos demais. Dentro desse fragmento não foi possível verificar diferenças quanto à distância da borda.

4.5.2 Composição de espécies abundantes nos fragmentos florestais

A área estudada apresentou 30 espécies arbóreas com mais de 4 ou mais indivíduos na amostra total. Os dados de composição de espécies e a distribuição entre os fragmentos e nas diferentes distâncias da borda estão em anexo.

A ordenação das espécies por CCA (figura 4.2) indica que a maioria das espécies presentes nos fragmentos estudados, está adaptada a áreas com baixos teores de nutrientes e solos ácidos. Porém, alguns parâmetros estão correlacionados com a presença de algumas espécies presentes na borda de fragmentos, tal como o fósforo e pH para espécies como *Baufourodendron riedelianum* e *Astronium graveolens*; e Cálcio e ctc para *Caliandra foliosa*, *Piper amalago*, *Machaerium paraguariense* e *Acácia polyphilla* presentes na borda do fragmento Rolândia. A abundância de fósforo na borda dos fragmentos Godoy pequeno e Rolândia pequeno pode indicar influência da fertilização da área agrícola que margeia o fragmento.

4.5.4 Correlação entre Espécies e Composição Isotópica de ^{13}C e ^{15}N do Solo

Na análise de correspondência canônica, o primeiro eixo explicou 10,4 % da variância dos dados e o segundo 7,2% da variância dos dados, figura 4.3.

Foram encontrados baixos valores de $\delta^{13}\text{C}$ no interior da floresta (35 m e 70 m) para a maioria dos fragmentos estudados, embora os fragmentos Sertanópolis, Sertanópolis Pequeno e Rolândia apresentem altos valores de ^{13}C em 35 m.

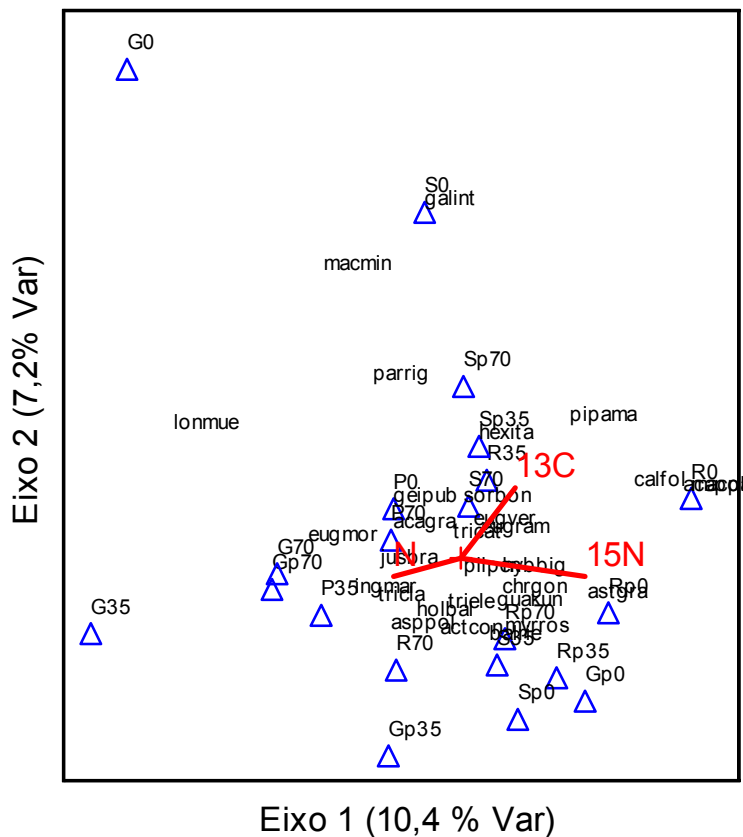


Figura 4.3 Análise de correspondência canônica de espécies e composição isotópica: diagrama de ordenação das espécies nas parcelas dos fragmentos florestais. As espécies estão representadas pela abreviatura de seus nomes e os valores de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ e %N do solo por vetores.

O grande número de espécies existentes em florestas tropicais pode afetar a composição isotópica dos tecidos das plantas pela grande variabilidade na concentração e composição isotópica do CO_2 , devido à diluição do CO_2 atmosférico pelo isotopicamente empobrecido CO_2 biogênico respirado e pelo grau de penetração de luz incidente no dossel da floresta (Martinelli *et al*, 1997). Com menos luz disponível para a fotossíntese, a razão condutância estomatal para a fotossíntese aumenta. O fracionamento isotópico resultante da limitação de luz pode produzir matéria orgânica

empobrecida em ^{13}C e este efeito é indistinguível do efeito isotópico produzido pela contribuição de CO_2 biogênico para fotossíntese. Como consequência desses dois últimos fatores pode-se observar o “efeito dossel”, onde folhas são progressivamente empobrecidas isotopicamente no solo da floresta. (Martinelli *et al*, 1997). Tal fato ocorreu com plantas do interior dos fragmentos florestais estudados.

Maiores valores de $\delta^{15}\text{N}$ e $\delta^{13}\text{C}$ foram encontrados na borda dos fragmentos Rolândia, Rolândia pequeno, Godoy pequeno e Sertanópolis pequeno em 35 m no fragmento Rolândia pequeno. Esse enriquecimento isotópico pode ser atribuído ao metabolismo microbiano, pois microrganismos utilizam preferencialmente ^{14}N e ^{12}C levando a um enriquecimento em ^{15}N e ^{13}C (Ryan *et al.*, 1995).

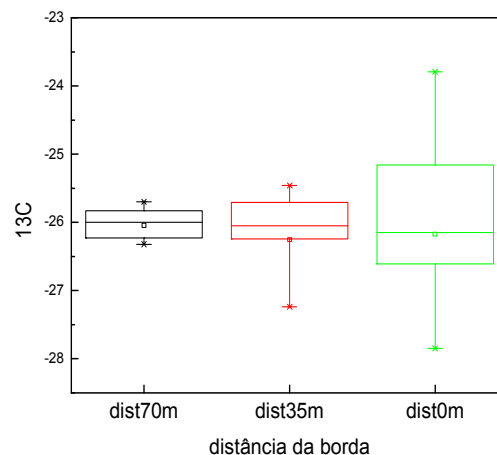


Figura 4.4. Composição isotópica de $\delta^{13}\text{C}$ nas diferentes distâncias da borda florestal.

Não foi possível verificar diferenças na composição de ^{13}C da borda e interior da floresta, figura 4,4.

Distúrbios apresentam efeito marcante no $\delta^{15}\text{N}$ do solo. O cultivo faz com que haja enriquecimento em ^{15}N devido à mineralização do N (Raven e Handley,

1992). Esse fato pode indicar que a fertilização das áreas agricultáveis próximas à borda esteja influenciando no conteúdo de ^{15}N das mesmas.

Solos do interior de fragmentos (70 m) apresentaram empobrecimento em ^{15}N , figura 4.5. Esse valor pode ser atribuído ao efeito diluição da fração foliar da serapilheira principalmente pela presença de espécies da família Leguminosae.

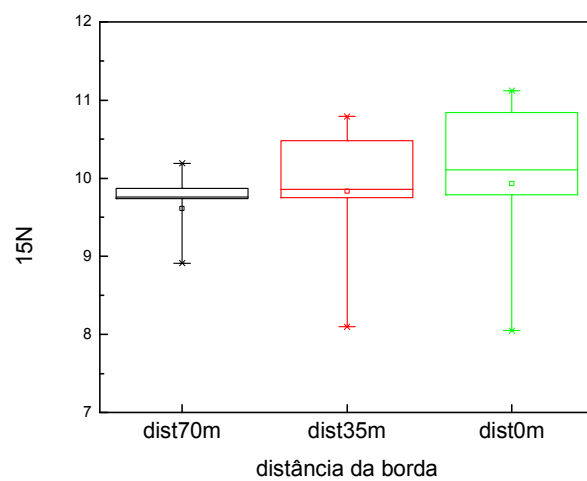


Figura 4.5. Composição isotópica de $\delta^{15}\text{N}$ nas diferentes distâncias da borda florestal.

As espécies correlacionadas com o empobrecimento em ^{15}N foram: *Inga marginata* (igmar), *Parapitadenia rigida* (parrig), *Acacia polyphilla* (acapol), *Machaerium Minutiflorum* (macmin) e *Lonchocarpus muelbergianus* (lonmue), Leguminosae; *Eugenia moraviana* (eugmor), Myrtaceae.

4.6 Conclusões

Espécies presentes nos fragmentos estudados são adaptadas a áreas com baixos teores de nutrientes e solos ácidos.

Solos do interior de fragmentos (70 m) apresentaram empobrecimento em ^{15}N , devido principalmente à presença de espécies da família Leguminosae, enquanto espécies da borda contribuíram para o enriquecimento isotópico em ^{15}N e ^{13}C . As composições isotópicas de $\delta^{15}\text{N}$ foram enriquecidas nas bordas, comparadas com o interior da floresta, provavelmente devido à influência agrícola. Porém, os solos dos fragmentos mostraram homogeneidade nas diferentes distâncias da borda e entre os fragmentos florestais, contradizendo a hipótese de que a presença de nutrientes no solo da floresta é fator determinante para a presença de determinadas espécies na borda.

Os métodos comumente utilizados para análise de fertilidade de solos agrícolas não são eficazes para o estudo da degradação de florestas.

4.7 Referências Bibliográficas

BUCHMAN, N.; GEBAUER, G.; SCHULZE, E. D. Partitioning of ^{15}N -labeled ammonium and nitrate among soil, litter, below and above-ground biomass of trees and understory in a 15-years-old *Picea abies* plantation. **Biogeochemist**, v. 33, p. 1-23, 1996.

ESHETU, Z.; GIESLER, R.; HÖGBERG, P. Historical land use pattern affects the chemistry of forest soil in Ethiopian highlands. *Geoderma*, v.118, p.149-165, 2004.

FRITZ, P., FONTES, J. CH. **Handbook of Environmental Isotope Geochemistry, v. 1. The terrestrial Environment**, A. Elsevier Scientific Publishing Company, 1980, 545 p.

HOUGHTON, R.A. The worldwide extent of land-use change. **Bioscience**, v. 44, p. 305-315, 1994.

GRACE, J.; LLOYD, J.; McINTYRE, J.; MIRANDA.; MEIR, P.; MIRANDA, H. S.; NOBRE, C.; MONCRIEFF, J.; MASSHEDER, J.; MALHI, Y.; WRIGHT, I.; GASH, J. carbon dioxide uptake by na undisturbed tropical rain forest in Southwest Amazônia, 1992 to 1993. **Science**, v. 271, p. 778-780, 1995.

MARDEGAN, S. F. Dinâmica **sucessional em bordas de fragmentos florestais na região do município de Londrina, Paraná**. 2004. 45 p. Monografia – Universidade Estadual de Londrina, PR.

MARIOTTI, A.; BALESSENT, J. ^{13}C natural abundance as a tracer of soil organic matter turnover and paleoenvironment dynamics. **Chemical Geology**, v. 84, p. 217-220, 1990.

MARTINELLI, L. A.; ALMEIDA, S.; BROWN, I. F.; MOREIRA, M. Z.; VICTORIA, R. L.; STERNBERG, L. S. L.; FERREIRA, C.A.C.; THOMAS, W. W. Stable carbon isotope ratio of tree leaves, boles and fine litter in a tropical forest in Rondônia, Brazi, 1997.

McCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD version 4.0; Multivariate analysis of ecological data; Users guide**. Glaneden Beach: MjM Software Design. 1999. 237p.

MEDINA, E.; MONTES, G.; CUEVAS, E. Profiles of CO_2 concentration and $\delta^{13}\text{C}$ values in tropical rain forest of the upper Rio Negro Basin, Venezuela. **Journal of Tropical Ecology**, v. 2, p.207-217, 1986.

PRESTON, T. The measurement of stable isotope natural abundance variations. **Plants Cell and Environment**, v. 15, p.1091-1097, 1992.

RAVEN, J. A.; HANDLEY, L. L. The use of natural abundance of nitrogen isotopes in plant physiology and ecology. **Plant, Cell and Environment**, v. 15, p. 965-985, 1992.

RODRIGUES, E. **Edge effect on the regeneration of forest fragments in south Brazil**. 1998. 172 p. D. Phil. Dissertation - Harvard University, Cambridge.

RYAN, M.C.; ARAVENA, R.; GILLHAM, R. W. the use of ^{13}c natural abundance to investigate the turnover of microbial biomass and active fractions of soil organic matter

under two tillage treatments. In: LAL, R.; KIMBLE, J.; LEVINE, E.; STEWART, B.A. **Soils and global changes**, London: Leis publishers, 1995. p. 351- 360.

5. CONCLUSÕES

O efeito de borda nos fragmentos florestais foi identificado através da quantidade de nutrientes encontrados na serapilheira. Conforme se avança para o interior da floresta, a quantidade de nutrientes da serapilheira diferencia-se e em 35 m observou-se a interface borda-interior. Os nutrientes que apresentaram maior quantidade depositada no solo da borda e em 35 m foram: Mg e P, para os demais nutrientes não foi possível verificar diferenças quanto à distância da borda.

A produção de serapilheira nas diferentes distâncias da borda não depende somente da quantidade de indivíduos das diferentes distâncias da borda, depende também das espécies presentes nesses locais.

Espécies presentes nos fragmentos estudados são adaptadas a áreas com baixos teores de nutrientes e solos ácidos. Plantas da borda florestal utilizam com mais eficiência o Mg do que espécies do interior da floresta. O Cálcio é utilizado com maior eficiência pelas plantas do interior. Para o nitrogênio em 35 m, constatou-se menor eficiência da utilização desse nutriente e para o fósforo em 35 m constatou-se maior eficiência.

Bordas florestais apresentaram maior quantidade de nutrientes depositados, principalmente P e Mg, e maior enriquecimento isotópico em ^{13}C e ^{15}N , fatos estes, provavelmente decorrentes da fertilização em áreas agrícolas próximas aos fragmentos e o desmatamento.

As diferenças mostradas na serapilheira a diferentes distâncias da borda, que não foram correspondidas pelos nutrientes no solo, mostram a tendência de estabilidade destes nutrientes, mesmo variando o aporte de nutrientes. Portanto, planos

de manejo de florestas nativas ou em restauração, devem ter claro a impossibilidade de manter altos níveis de nutrientes em solos florestais a longo prazo.

Anexo 1

Características dos solos dos fragmentos florestais nas diferentes distâncias da borda florestal.

Local	pH	% C	% N	K	P	Mg	Ca	H+Al	CTC
				cmol.dm ⁻³	ppm	cmol.dm ⁻³	cmol.dm ⁻³		
R0	6,00a	3,27a	0,33a	0,98a	4,08b	2,69a	6,05a	9,00a	18,7a
R35	3,90a	2,69a	0,30a	0,44a	3,43b	1,80a	4,38a	16,3a	22,9a
R70	5,20a	4,64a	0,47a	0,67a	3,51b	3,11a	11,3a	7,76a	22,9a
Rp0	4,30a	3,19a	0,33a	0,72a	4,97b	2,25a	5,59a	10,4a	19,0a
Rp35	4,60a	3,14a	0,34a	0,77a	4,00b	2,17a	7,38a	9,00a	19,3a
Rp70	4,80a	3,36a	0,35a	0,64a	3,84b	1,47a	4,01a	11,2a	17,4a
P0	4,30a	3,35a	0,35a	0,61a	4,16b	2,27a	15,5a	15,1a	33,6a
P35	3,60a	3,64a	0,39a	0,44a	4,16b	1,57a	5,75a	12,1a	19,9a
P70	3,80a	3,87a	0,41a	0,42a	4,32b	2,54a	6,58a	15,1a	24,7a
S0	6,60a	3,55a	0,36a	0,75a	11,4a	2,99a	10,3a	3,18a	17,3a
S35	5,10a	4,30a	0,42a	0,94a	7,65a	1,94a	7,51a	4,96a	15,3a
S70	4,30a	3,20a	0,33a	0,46a	6,59a	2,11a	7,19a	9,70a	19,5a
Sp0	4,00a	4,09a	0,41a	0,46a	5,94b	1,27a	8,12a	8,36a	18,2a
Sp35	4,10a	3,88a	0,41a	0,54a	5,13b	3,08a	10,5a	11,2a	25,4a
Sp70	3,80a	5,65a	0,50a	0,29a	5,21b	1,12a	5,25a	15,1a	21,8a
G0	4,80a	3,84a	0,40a	0,88a	3,11b	2,67a	10,1a	9,00a	22,7a
G35	6,0a	5,35a	0,54a	2,12a	5,38b	3,62a	10,9a	5,76a	22,4a
G70	4,40a	3,29a	0,37a	0,59a	3,43b	0,84a	3,19a	16,3a	20,9a
Gp0	3,30a	3,29a	0,32a	0,32a	4,48b	1,32a	4,43a	22,0a	28,1a
Gp35	4,50a	3,58a	0,37a	0,45a	3,76b	0,93a	3,46a	8,36a	13,2a
Gp70	3,90a	3,17a	0,34a	0,38a	3,11b	1,10a	1,26a	18,9a	21,7a
Cv%	16,62a	19,57a	14,88a	49,69a	21,7	39,97a	44,5a	36,5a	20,7a

Médias seguidas de mesma letra não diferem a 5% de significância em Teste de Tukey.

Anexo 2

Composição isotópica de $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ e C:N de amostras de solo dos fragmentos florestais.

Local	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	C:N
R0	-25,06	11,12	9,79
R35	-25,46	10,48	9,11
R70	-25,83	9,76	9,90
Rp0	-25,89	10,84	9,61
Rp35	-25,71	10,79	9,37
Rp70	-25,70	10,19	9,72
P0	-26,15	9,79	9,45
P35	-26,00	9,57	9,37
P70	-26,00	9,87	9,52
S0	-25,80	9,46	9,93
S35	-26,08	9,86	10,26
S70	-25,95	9,78	9,85
Sp0	-25,85	10,11	10,08
Sp35	-26,06	10,28	9,59
Sp70	-26,27	8,91	11,29
G0	-23,79	8,05	9,67
G35	-26,24	8,10	9,99
G70	-26,23	9,74	8,85
Gp0	-26,61	10,16	10,19
Gp35	-27,24	9,75	9,59
Gp70	-23,32	9,05	9,46

ANEXO 3

Levamento florístico - indivíduos presentes nas parcelas dos fragmentos florestais.

Família	Espécie	Nº	Parcelas
Acanthaceae	<i>Geissomeria pubescens</i> Nees	5	P0
	<i>Justicia brasiliiana</i> Roth.	11	Gp(35,70); Rp70; P(0,35); S(0,70)
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq	10	Gp(0,70); R0;Rp0
Apocynaceae	<i>Aspidosperma polyneuron</i> Muell. Arg	19	Gp(0,35,70); G70; R70;Rp35; P(0,35,70); Sp0
Euphorbiaceae	<i>Acalipha gracilis</i> A.Gray	11	Gp70; P0; Sp0
	<i>Actinostemon concolor</i>	58	Gp(35,70); R(0,70); Rp(35,70); Sp(0,35); S(35,70)
Leguminosae	<i>Acacia polyphylla</i> DC.	30	R0; S70
	<i>Calliandra foliolosa</i> Benth	7	R(0,35)
	<i>Holocalix balansae</i> Mich	14	Gp(35,70); Rp35; P(35,70); Sp(0,35)
	<i>Inga marginata</i> Willd	6	Gp(35,70); G35; Rp70; P70; Sp35
	<i>Lonchocarpus muelbergianus</i> Hassl	13	G(0,35,70); S70
	<i>Machaerium minutiflorum</i> Tul	4	G0; P35; S0
	<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl	5	R0
	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Bren	5	G35; S(0,35)
Meliaceae	<i>Guarea kuntiana</i> A. Juss	12	Gp(0,35); Rp70; Sp(0,35,70)
	<i>Trichilia catigua</i> A. Juss	12	Gp35; R70; P70;

			Sp(0,35); S(0,35,70)
	<i>Trichilia clausenii</i> C. DC	12	Gp(35,70); R70; Rp70; P(35,70)
	<i>Trichilia elegans</i> A.Juss	19	Gp35; G35; Rp35; Sp(0,35,70); S70
Moraceae	<i>Sorocea bonplandii</i> Burg	28	Gp(35,70); P70; Sp(0,35,70); S70
Myrtaceae	<i>Eugenia moraviana</i> Berg	4	G(35,70); P70; Sp35
	<i>Eugenia ramboi</i> Legr.	5	Gp70; R0; Sp35; S(35,70)
	<i>Eugenia verrucosa</i> Legr.	12	S(35,70)
	<i>Hexachlamys itatiaiae</i> Mattos	3	Sp35
	<i>Myrcia rostrata</i> DC	5	Rp70
Phytolaccaceae	<i>Gallesia integrifolia</i> (Harms)	8	S0
Piperaceae	<i>Piper amalago</i> (Jacq.) Yunck	4	R0; S(0,70)
Rutaceae	<i>Balfourodendron riedelianum</i> Engl	4	G70; Rp(0,35); Sp0
	<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem	15	R(0,70); Rp(35,70); P70; S70, Sp70
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> Engl	4	R35, Sp0
Violaceae	<i>Hybantus biggibosus</i> (H.H) Hassl.	16	Gp(0,35); G70; R(0,70); Rp(35,70); S70; Sp70

Adaptado de Rodrigues (1998).