

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NICOLE DULEBA GOMES BAHIA

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E DO DESEMPENHO DE *Inga edulis* Mart. E *Rapanea ferruginea* (Ruiz e Pav.) Mez. IMPLANTADAS EM ÁREAS ALTERADAS POR PASTAGENS NO MUNICÍPIO DE ANTONINA – PR

CURITIBA

2009

NICOLE DULEBA GOMES BAHIA

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E DO DESEMPENHO DE *Inga edulis* Mart. E *Rapanea ferruginea* (Ruiz e Pav.) Mez. IMPLANTADAS EM ÁREAS ALTERADAS POR PASTAGENS NO MUNICÍPIO DE ANTONINA – PR

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de concentração: Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann

Co-orientador: Dr. Edinelson José Maciel
Neves

CURITIBA

2009

Bahia, Nicole Duleba Gomes

Avaliação nutricional e do desempenho de *Inga edulis* Mart.

E Rapanea ferruginea (Ruiz e Pav.) Mez. Implantadas em áreas
Alteradaspor pastagens no município de Antonina - Pr / Nicole
Duleba Gomes Bahia. – Curitiba, 2009.

59 f. : il.

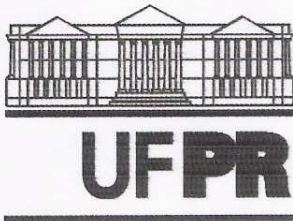
Orientador: Carlos Bruno Reissmann

Co-orientador: Edinelson José Maciel Neves

Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade
Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de
Pós-Graduação em Ciência do Solo.

1. Plantas – Nutrição. 2. Mata Atlântica – Conservação.
3. Biomassa vegetal. 4. Solos florestais – Antonina (PR)
I. Reissmann, Carlos Bruno. II. Neves, Edinelson José Maciel
III. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias.
Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. IV. Título

CDU 631.811



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO)
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-3350-5648
Página: www.pgcisolo.agrarias.ufpr.br/
E-mail: pgcisolo@ufpr.br

PARECER

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **NICOLE DULEBA GOMES BAHIA**, sob o título: "**Avaliação nutricional e do desempenho de *Ingá Edulis Mart.* e *Rapanea ferruginea* (Ruiz e Pav.) Mez. Implantadas em áreas alteradas por pastagens no Município de Antonina-PR.**", requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo – Área de Concentração: Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haverem analisado o referido trabalho e argüido a candidata, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Ciência do Solo - Área de Concentração: "Química e Biologia do Solo e Nutrição de Plantas"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, em Curitiba, 24 de julho de 2009.


Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann, Presidente.


Engº. Florestal Dr. Edinelson José maciel Neves, Iº. Examinador.


Profª. Drª. Maria Regina Torres Boeger, IIª. Examinadora.



AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida e fé Nele;

Ao meu orientador Prof. Dr. Carlos Bruno Reissmann, pela orientação, pelas palavras e atos de incentivo, pela paciência prestada nos momentos de dúvidas, pela compreensão nos momentos de distância, pelo conhecimento transmitido e palavras sábias, pela confiança que depositou em mim, e pela confiança que me fez sentir que possibilitaram a conclusão desta dissertação;

Ao Dr. Edinelson José Maciel Neves pela co-orientação, amizade e muitas risadas na época dos estágios. Meu sincero agradecimento pelo apoio e incentivo em iniciar o curso;

À Embrapa Floresta pela permissão em utilizar um dos seus experimentos;

À Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem pela infra-estrutura e permissão do estudo nas Unidades de Conservação.

A Universidade Federal do Paraná em seu corpo técnico;

Ao apoio financeiro do Projeto Solobioma;

Ao Dr. Edilson Batista de Oliveira pela disposição em orientar e permitir a realização das análises estatísticas;

À colega Daiane Targão pela ajuda nas coletas de campo e preparação das amostras;

Ao técnico Aldair Marty Munhoz pela orientação nas análises no Laboratório de Biogeoquímica e Nutrição de Plantas da Universidade Federal do Paraná;

Aos técnicos Reginaldo e Roberto pela orientação nas análises no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal do Paraná;

Ao secretário Gerson Novicki por toda ajuda burocrática, da Secretaria do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo;

Aos colegas Saulo Téó, Leandro José Bonifácio da Silva, Tales de Campos Piedade, Jéssica Fernandes Kaseker e Marília Camotti Bastos por toda ajuda direta ou indireta;

Ao colega Daniel Resende Corrêa por todo grande auxílio e análises feitas desinteressadamente;

Aos meus colegas da turma de 2007, pela amizade e alegrias compartilhadas;

Um agradecimento especial à minha família querida, principalmente ao meu esposo Leandro, pela compreensão nos momentos de distância;

A todos que de alguma forma participaram deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

À todos os cientistas brasileiros.
Ofereço.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	i
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS.....	4
3.1.1 <i>Inga edulis</i>	4
3.1.2 <i>Rapanea ferruginea</i>	4
3.2 CONVERSÃO DE FLORESTAS EM PASTAGENS.....	5
3.3 RESTAURAÇÃO DE AMBIENTES ALTERADOS.....	6
3.4 IMPORTÂNCIA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS NA RESTAURAÇÃO DE ÁREAS ALTERADAS POR PASTAGEM.....	8
3.4.1 Influência do sombreamento sobre as gramíneas	9
3.5 NUTRIENTES NAS FOLHAS.....	10
3.6 CICLAGEM DE NUTRIENTES.....	11
3.6.1 Movimentação dos nutrientes	12
3.6.1.1 Ciclo geoquímico.....	12
3.6.1.2 Ciclo bioquímico.....	12
3.6.1.3 Ciclo biogeoquímico.....	12
4 MATERIAL E MÉTODOS	16
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	16
4.2 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	17
4.3 COLETA DE MATERIAL.....	19
4.3.1 Coleta de material foliar	19
4.3.2 Coleta do litter	20
4.3.3 Coleta de solo	23
4.4 PREPARO DAS AMOSTRAS FOLIARES, DO LITTER E DO SOLO.....	24
4.5 ANÁLISES LABORATORIAIS.....	24

4.6 EFICIÊNCIA NUTRICIONAL.....	25
4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	25
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
5.1 ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS.....	27
5.1.1 Solos.....	27
5.1.2 Folha e litter.....	33
5.2 EFICIÊNCIA NUTRICIONAL RELATIVA COM BASE NO PESO DE 100 FOLHAS.....	39
6 CONCLUSÃO.....	42
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 –	VALORES MÉDIOS DE N, C, P, K, Ca, Mg, Al E H+Al ENCONTRADOS NO SOLO SOB <i>Inga edulis</i> E <i>Rapanea ferruginea</i>	27
TABELA 2 –	INTERAÇÃO ENTRE OS VALORES MÉDIOS DE pH CaCl ₂ ENCONTRADOS NO SOLO SOB <i>Inga edulis</i> E <i>Rapanea ferruginea</i> (n=45).....	28
TABELA 3 –	TEORES MÉDIOS DE N, C, Ca E Al ENCONTRADOS NO SOLO SOB <i>Inga edulis</i> E <i>Rapanea ferruginea</i>	34
TABELA 4 –	INTERAÇÃO ENTRE OS TEORES MÉDIOS DE P, K E Mg EXISTENTES NAS FOLHAS E NO LITTER DE <i>Inga edulis</i> E <i>Rapanea ferruginea</i>	34
TABELA 5 –	CONTEÚDO DE NUTRIENTES EM 100 FOLHAS (g/Kg).....	35
TABELA 6 –	EFICIÊNCIA NUTRICIONAL: PRODUÇÃO DE BIOMASSA (g) COM O CONTEÚDO EM 100 FOLHAS.....	36
TABELA 7 –	EFICIÊNCIA NUTRICIONAL: COMPARAÇÃO ENTRE <i>Inga edulis</i> E <i>Rapanea ferruginea</i> NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA (g) COM O CONTEÚDO EM 100 FOLHAS.....	40

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PLANTIO PURO DE <i>Inga edulis</i> (INGÁ VERMELHO) COM TRÊS ANOS DE IDADE.....	17
FIGURA 2 – PLANTIO PURO DE <i>Rapanea ferruginea</i> (CAPOROROCA) COM TRÊS ANOS DE IDADE.....	17
FIGURA 3 – VIVEIRO DE MUDAS NA RESERVA NATURAL DO RIO CACHOEIRA.....	18
FIGURA 4.1 – COLETA DAS FOLHAS (TODAS AS FOLHAS NO GALHO).....	20
FIGURA 4.2 – COLETA DAS FOLHAS (GALHO SEM AS FOLHAS JÁ COLETADAS).....	20
FIGURA 5.1 – COLETA DO “LITTER” DA ESPÉCIE <i>Inga edulis</i> (ANTES DA COLETA).....	21
FIGURA 5.2 – COLETA DO “LITTER” DA ESPÉCIE <i>Inga edulis</i> (APÓS A COLETA).....	21
FIGURA 6.1 – COLETA DO “LITTER” DA ESPÉCIE <i>Rapanea ferruginea</i> (ANTES DA COLETA).....	22
FIGURA 6.2 – COLETA DO “LITTER” DA ESPÉCIE <i>Rapanea ferruginea</i> (APÓS A COLETA).....	22
FIGURA 7.1 – COLETA DO SOLO DE 0-5 CM.....	23
FIGURA 7.2 – COLETA DO SOLO DE 0-20 CM.....	24

RESUMO

A Mata Atlântica é fonte de imensa diversidade biológica e ao longo dos anos sua área vem sendo reduzida pela ação antrópica, seja pela prática da agricultura, pecuária, entre outras. Por este motivo, hoje em dia é de máxima importância restaurar a vegetação nativa. O presente trabalho foi realizado em áreas com relevo de planície, localizadas na Reserva Natural do Rio Cachoeira, município de Antonina – PR. A área experimental encontra-se sobre solos das classes dos GLEISSOLOS HÁPLICOS e CAMBISSOLO HÁPLICO gleico. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Af. O objetivo geral deste trabalho foi avaliar as características nutricionais e o desempenho das espécies florestais *Inga edulis* Mart. (ingá vermelho) e *Rapanea ferruginea* (Ruiz e Pav.) Mez (capororoca) da Floresta Ombrófila Densa implantadas em áreas alteradas por pastagens. Este objetivo faz parte de um amplo projeto da Embrapa Florestas em parceria com a Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental – SPVS – que teve como objetivo geral avaliar a eficiência de plantios puros e mistos na restauração da Floresta Ombrófila Densa da Mata Atlântica em áreas degradadas por pastagens, testando a capacidade de diferentes espécies em eliminar a gramínea. O delineamento estatístico usado foi o de blocos ao acaso com 50 plantas por parcela (5 x 10 plantas) e três repetições. Foi medido diâmetro, altura e coletado material foliar do meio da copa e litter sob as árvores amostradas. Depois de secagem e moagem, foram determinadas as concentrações de N, C, P, K, Ca, Mg e Al. Na mesma ocasião da coleta de material foliar e litter foram efetuadas as coletas de solo, uma na profundidade de 0-5 cm e outra na profundidade de 0-20 cm, onde foram determinados o pH em CaCl₂, N, C, P, K, Ca, Mg, e Al. Visualmente pode ser observado que a braquiária sob a *Inga edulis* desapareceu completamente e parcialmente sob a *Rapanea ferruginea*, dando lugar à ocorrência de trapoeraba (*Commelina* sp) e sua decomposição pode ter contribuído para os teores encontrados no solo de matéria orgânica, relação C/N e demais elementos e atributos estudados. Não foi observada diferença entre os solos sob as espécies com relação ao teor de matéria orgânica, relação C/N, H+Al, aos elementos nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e alumínio. Entretanto, houve diferenças no teor de fósforo à 0-5 cm de profundidade e pH CaCl₂ à 0-20 cm de profundidade. Foram verificadas variações quanto aos teores de nutrientes nas folhas e no litter, ressaltando que as plantas contribuíram de maneira diferenciada com relação à ciclagem de nutrientes. *Inga edulis* apresentou indícios de maior eficiência no uso de P e K para a produção de biomassa e *Rapanea ferruginea* apresentou indícios de maior eficiência no uso de nitrogênio, carbono, cálcio e magnésio. No entanto, o maior teor foliar

numa espécie não a define como a mais eficiente em seu uso e conseqüentemente, maior eficiência na recuperação de ambientes degradados por pastagens, sendo pertinentes estudos subseqüentes sobre as espécies aqui estudadas.

Palavras-chaves: *Inga edulis*, *Rapanea ferruginea*, ciclagem de nutrientes, litter.

ABSTRACT

The Atlantic Forest is the source of great biological diversity, and for years this area has been reduced by anthropogenic activities, as agriculture or cattle raising, among others. Therefore, today it is of utmost importance to restore native vegetation. The present study was developed on the lowlands of the Natural Reserve of River Cachoeira, Municipality of Antonina – PR. The study area is located on HAPLIC GLEY and HAPLIC CAMBISOL occurrence. According to Koeppen's classification, the climate is an Af type. The general objective of this study was to evaluate the nutritional characteristics and performance of *Inga edulis* Mart. and *Rapanea ferruginea* (Ruiz e Pav.) Mez species from the Ombrophilous Dense Forest, established on altered areas of earlier brachiaria pasture. This objective is part of a broader project of Embrapa Forestry in partnership with the Society for Research in Environmental Education and Wildlife - SPVS - which aimed to assess the overall efficiency of pure and mixed plantings in the restoration of the Ombrophilous Dense Forest areas degraded by grazing, testing the ability of different species to eliminate the grass. The statistical design was randomized blocks with three repetitions and 50 plants per experimental unit. Diameter and height were measured, leaf samples were collected from the middle of the crown, and litter from the soil floor under the sample trees. After drying and grinding the plant material an analysis for N, C, P, Ca, Mg and Al was performed. At the same occasion the collection of material and leaf litter samples were taken from the soil, at a depth of 0-5 cm and the other on the depth of 0-20 cm, processed for the analysis of pH in CaCl₂ solution, N, C, P, Ca, Mg and Al. Can be visually observed that under Brachiaria *Inga edulis* disappeared completely and partially under the *Rapanea ferruginea*, giving rise to the occurrence of spiderwort (*Commelina* sp) and its decomposition may have contributed to the levels found in soil organic matter, C/N and other elements and attributes studied. There were no significant differences between the soils under the two species for O. M., C/N ratio, H + Al, N, K, Ca, Mg and Al. However significant differences were observed for P, at 0 – 5 cm depth, and pH CaCl₂ at 0 – 20 cm. Variations concerning the content of nutrients in the leaves emphasizes the different contribution of the plant species to nutrient cycling. There were evidences for higher efficiency for P and K utilization and conversion in biomass by *Inga edulis*, while *Rapanea ferruginea*, showed to be more efficient in the utilization of N, C, Ca and Mg. Nevertheless, the highest level in leaf than the species defined as the most efficient in its use and therefore greater efficiency in the recovery of degraded environments by pastures, with relevant subsequent studies on the species studied here.

Key words: *Inga edulis*, *Rapanea ferruginea*, nutrient cycling, litter.

1 INTRODUÇÃO

Originalmente, a Mata Atlântica possuía uma extensão que cobria 1,3 milhão de quilômetros quadrados, correspondendo a 15% do território brasileiro. Atualmente, de acordo com o Censo Populacional 2000 do IBGE, esta área é ocupada por 60% da população brasileira o que equivale a aproximadamente 108 milhões de habitantes distribuídos em 3.406 municípios (SOS Mata Atlântica/INPE, 2002). A drástica ocupação populacional e conseqüentemente, as modificações do meio resultaram na alteração do bioma. A área coberta pela Mata Atlântica não é superior a 100 mil quilômetros quadrados, o que representa cerca de 7% da sua área original. Algumas partes desta área são representadas por trechos alterados e de elevada fragmentação, sendo um agravante para a situação (MMA,2004).

A restauração de áreas alteradas com sua vegetação original, principalmente tomada por espécies invasoras como algumas gramíneas, não é uma tarefa fácil. Um dos aspectos mais restritivos está na capacidade de competir no período inicial com as espécies invasoras. Segundo Jones et. al (2004), estudando a revegetação de áreas degradadas na América Central, a densidade de folhas nas copas parece ter sido um dos fatores mais importante para o sucesso do estabelecimento inicial das espécies arbóreas. A capacidade de formar uma copa extensa e densa, capaz de sombrear a vegetação herbácea, também é citada como uma das principais características para reflorestamentos em áreas degradadas (ELLIOT et al., 2003).

Nos últimos anos o assunto vem sendo estudado para uso em desenvolvimento de modelos tanto para aplicação em silvicultura como em ecologia. Métodos para estudo de copas, diretos e indiretos também tem sido adaptados e melhorados para facilitar o uso em larga escala. A forma e o tamanho da copa interferem na interceptação da chuva e na utilização da energia solar radiante o que afeta fotossíntese, respiração, transpiração e outros outros processos fisiológicos que ocorrem na copa das árvores (GRACE, 1987). A interação entre indivíduos diferentes pode modificar a forma e a dinâmica da copa, portanto dificulta a indicação de espécie para plantios mistos, usado em recomposição da vegetação.

O município de Antonina está dentro da área contemplada pela Mata Atlântica no Paraná e algumas áreas, principalmente aquelas localizadas em planícies, foram transformadas em pastagens, com o plantio de gramíneas exóticas, tais como, braquiárias, capim-gordura e capim-elefante. Conseqüentemente, grande parte das florestas de planície foi modificada, restando apenas pequenos fragmentos bastante alterados. No entanto, verificou-se posteriormente que tais espécies eram altamente invasoras, colonizando de forma bastante agressiva áreas abertas, fossem estas pastagem ou formações herbáceas naturais,

comprometendo a regeneração natural.

Entende-se como restauração, a intervenção no ambiente de diferentes formas, que permita o retorno dos ambientes degradados a condição de composição e funcionamento mais próximo ao que este tinha originalmente antes da perturbação ter sido realizada (MAJER, 1989). Um programa de restauração utiliza o conhecimento das características ambientais da área a ser trabalhada, para a definição das espécies e das técnicas de plantio. Ele tem como base os processos naturais de sucessão de cada ambiente.

Para se entender os processos de restauração de áreas alteradas em florestas tropicais e assim poder fornecer técnicas de manejo e conservação deste ecossistema, são necessárias mais pesquisas sobre o assunto (BOEGER et. al., 2005). Neste sentido, há diversos projetos que visam avaliar o desempenho, bem como a eficiência de diferentes espécies na restauração da Floresta Ombrófila Densa.

Este estudo foi desenvolvido num povoamento implantado pela Embrapa Florestas em parceria com a Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental – SPVS – onde o objetivo é testar diferentes espécies em plantios mistos e puros na restauração da Floresta Ombrófila Densa da Mata Atlântica em áreas alteradas. Este trabalho teve como objetivo geral avaliar as características nutricionais e o desempenho de duas espécies florestais da Floresta Ombrófila Densa, implantadas em áreas alteradas por pastagens.

2 OBJETIVOS

Este estudo visou avaliar as características nutricionais de duas espécies florestais da Floresta Ombrófila Densa implantadas em áreas alteradas por pastagens.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1- Determinar os atributos químicos do solo sob as duas espécies;
- 2- Quantificar os teores de macronutrientes existentes nas folhas das espécies trabalhadas;
- 3- Determinar no “litter” produzido os teores de macronutrientes;
- 4- Determinar a eficiência nutricional das espécies trabalhadas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ESTUDADAS

3.1.1 *Inga edulis*

A *Inga edulis* Mart. (Ingá-vermelho), pertence à família Leguminosae-Mimosoideas. Ocorrente na Região Amazônica e em toda planície litorânea desde o Rio Grande do Norte até o norte de Santa Catarina na Floresta Pluvial Atlântica. É uma árvore que alcança até 25 m, com copa ampla e baixa, com tronco claro com 30-60 cm de diâmetro e folhas compostas paripinadas, inflorescência em espigas axilares com flores tubulares e pubescentes de coloração branca. Seu fruto é legume alongado, tomentoso e com muitas sementes envoltas por arilo flocoso e adocicado. É uma planta semidecídua, heliófita, seletiva higrófito, pioneira e se desenvolve bem em solos alagados no período chuvoso. Floresce durante os meses de outubro até janeiro e os frutos amadurecem a partir do mês de maio. Sua madeira é moderadamente pesada, macia, pouco durável e moderadamente resistente mecanicamente. A madeira é utilizada para caixotaria, carvão e para lenha. Seus frutos são consumidos e comercializados pelas populações da região Amazônica (LORENZI, 2002).

A *Inga edulis* tem sido utilizada como uma sombra árvore para culturas perenes, principalmente café e cacau desde o início do século XIX. Por conseguinte, atualmente muitos agricultores continuam usando a espécie para proteger o solo e para fazer sombra. O aporte de biomassa de lenta decomposição (ARCO-VERDE, 2008) protege a superfície do solo e raízes de outras plantas, mantém os nutrientes no solo superficial por longo período e controla as ervas daninhas (FACT Net).

Avaliando o potencial de reabilitação de áreas alteradas com algumas espécies arbóreas, Mendes (2004) concluiu que espécies leguminosas arbóreas, nodulíferas e de crescimento rápido, entre elas *Inga edulis*, mostraram-se aptas para um estabelecimento sustentável e de baixo aporte de insumos.

3.1.2 *Rapanea ferruginea*

A *Rapanea ferruginea* (Ruiz e Pav.) Mez. (Capororoca) é pertencente à família

Myrsinaceae, ocorrente em todo o Brasil, em quase todas as formações vegetais, sendo particularmente freqüente na floresta pluvial da encosta atlântica. É uma árvore que alcança até 15 m. Extremidade dos ramos ferrugíneo-velutina, folha simples, alterna, espiralada, sem estípula, pecíolo delicado, ápice agudo, base atenuada, face adaxial glabrescente, tricomas concentrados na nervura central, abaxial velutino-ferrugínea, pontuações diminutas, numerosas (JUNG-MENDAÇOLLI, 2005). Floresce duas vezes ao ano podendo possuir flores e frutos maduros na mesma árvore. Frutos pequenos (3-5 mm de diâmetro), globosos e de coloração negro-arroxeadada quando maduros e possuindo uma semente e pericarpo delgado (LORENZI, 1992). Trata-se de uma árvore perenifólia, heliófila, seletiva higrófila e pioneira, características de formações secundárias, como capoeiras e capoeirões. Pode ser espécie predominante em determinados estágios de sucessão secundária da encosta atlântica (LORENZI, 1992; PINHEIRO & CARMO, 1993). Prefere encostas e beira de córregos, ocorrente em até altitudes acima de 2000 m. Sua madeira é empregada em obras internas, como esteios, caibros, ou como lenha e carvão. Por possuir características ornamentais, tal como, copa piramidal, a árvore pode ser empregada na arborização urbana. A espécie também pode ser utilizada em plantios mistos em áreas alteradas e de preservação ambiental, uma vez que seus frutos são atrativos para algumas espécies de pássaros (LORENZI, 1992), e possui grande capacidade de colonização de áreas, preparando a área para espécies secundárias (PINHEIRO & CARMO, 1993).

3.2 CONVERSÃO DE FLORESTAS EM PASTAGENS

A conversão de florestas tropicais nativas em pastagens provoca mudanças na quantidade de biomassa depositada sobre o solo e altera significativamente algumas propriedades do solo, como a sua fertilidade natural. A restauração de ambientes alterados é um processo moroso que pode sofrer interferência de diversos fatores bióticos ou abióticos. A competição entre plantas, como gramíneas, incidência luminosa e disponibilidade de nutrientes são fatores que interferem diretamente na regeneração florestal.

Boeger et. al. (2005) constataram em sua revisão que os solos arenosos ocorrentes nas planícies litorâneas brasileiras possuem baixa fertilidade, em razão da alta lixiviação e intemperismo.

A estabilidade de um processo de restauração de ambientes alterados vai depender dos nutrientes repostos ao solo que foram perdidos pela retirada da vegetação. Uma forma de

se promover o retorno desses nutrientes ao sistema é mediante a reposição de matéria orgânica ao solo. A qualidade da matéria orgânica e a interação entre fatores físico-químicos e os agentes decompositores dos sistemas de plantio, influenciam nos processos de decomposição e mineralização (GAMA-RODRIGUES et. al., 2003). Pela decomposição e mineralização da matéria orgânica ocorrerão melhoras de alguns atributos físicos, químicos e biológicos do solo, conseqüentemente a adição de matéria orgânica propicia aumento na fertilidade do solo. A contribuição da matéria orgânica como fonte de nutrientes, tais como nitrogênio, fósforo, enxofre e micronutrientes, além do carbono, é significativa em regiões tropicais e subtropicais.

A matéria orgânica se apresenta estável em ambientes naturais e a diminuição de seu teor no solo indica desequilíbrio, uma vez que é bastante vulnerável a ações externas, tal como o manejo inadequado.

Estudos sobre qualidade do solo favorecem a matéria orgânica e outros atributos relacionados como indicadores eficientes para discriminar a qualidade do solo (CONCEIÇÃO et. al., 2005), uma vez que a matéria orgânica reage à modificações do solo e auxilia no provimento de nutrientes às plantas, agindo na ciclagem de nutrientes.

Os processos biológicos ocorrentes no solo são dependentes de nutrientes, inclusive do carbono, sendo fundamental nas atividades biológicas do solo. O desmatamento diminui a quantidade de carbono estável no solo, o que pode comprometer estes processos biológicos. Bernoux et. al. (1999) estudando o carbono e nitrogênio em solo de uma cronossequência de floresta tropical - pastagem de Paragominas-PA, puderam concluir que os processos biológicos do solo tornam-se, em sua maioria, exclusivamente dependentes da utilização do carbono introduzido pela decomposição dos resíduos da pastagem. Em ecossistemas naturais a fonte de carbono orgânico do solo tem origem nos resíduos vegetais da vegetação nativa e nas áreas degradadas por pastagens, a fonte de carbono é esgotada rapidamente. Monteiro et. al., (2002) constataram que resíduos vegetais de algumas gramíneas sofreram rápida decomposição.

Todos os nutrientes, tanto os macronutrientes quanto os micronutrientes, são necessários para o desenvolvimento satisfatório das plantas, portanto é importante que haja nutrientes disponíveis às plantas, de modo a garantir o desenvolvimento da vegetação original do ambiente.

3.3 RESTAURAÇÃO DE AMBIENTES ALTERADOS

Atualmente muito se estuda sobre a restauração de ambientes alterados, isto porque grande parte das florestas deu lugar a atividades agrícola e pecuária. A Floresta Atlântica, devido apresentar clima favorável a estas atividades foi por muito tempo explorada de forma desordenada. Contudo devido às recentes leis ambientais, parte destas áreas alteradas foi abandonada, dando lugar à execução de projetos voltados à restauração destes ambientes.

O sucesso da regeneração natural de áreas alteradas depende de vários fatores, como a capacidade de germinação do banco de sementes do solo, o tamanho da área, a fertilidade do solo, a proximidade de florestas intactas, entre outros. Autores vêem o processo de restauração das florestas tropicais como sendo um trabalho complexo e contínuo ao longo do tempo (GOMEZ-POMPA & VAZQUEZ-YANES, 1981). Neste sentido, é importante que haja o desenvolvimento de projetos que visem à restauração destas áreas, acelerando o complexo e moroso processo de recuperação de uma floresta.

De acordo com Daniel et. al. (2001) um sistema é sustentável quando mantém sua produção em situações de extremo esforço ou alterações. A conservação de áreas representativas dos diferentes ecossistemas, por meio de planejamento e ordenamento das reservas vitais de água, solo, fauna e flora é um grande desafio para manter a sustentabilidade ambiental dos sistemas (PINHEIRO et. al., 2007). Por conseguinte, a restauração de um sistema alterado pode permitir que este retorne a uma situação de sustentabilidade, proporcionando habilidade em manter sua produtividade natural.

O solo interage com a vegetação e o meio, podendo ser modificado por estes fatores externos. Tais modificações podem ser de caráter físico, químico e biológico. A vegetação, por exemplo, pode influenciar quimicamente, uma vez que a serapilheira produzida pela vegetação, libera nutrientes para o solo. Além de manter uma reserva de nutrientes às plantas, o solo possui diversas outras atribuições, tais como fornecer suporte físico.

Uma função bastante importante e facilmente modificável é a de fornecer nutrientes à vegetação, por meio da fertilidade. A fertilidade do solo é a soma de vários atributos: soma de bases ($SB = K + Ca + Mg$), capacidade de troca catiônica ($CTC = K + Ca + Mg + H + Al$), saturação por bases ($V\% = 100 \times SB / CTC$), saturação por alumínio ($m = 100 \times Al / Al + SB$), grau de acidez (pH), e teores de fósforo (P), potássio (K), enxofre (S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn). Todos estes atributos classificam os solos como sendo de alta fertilidade, baixa fertilidade, com alta saturação por alumínio ou baixa saturação por alumínio (LIMA, 2004).

A alteração do solo resulta em um desequilíbrio que afeta a relação solo-atmosfera-

vegetação. Ocorrendo ação externa em qualquer destes três componentes do sistema resultará num desequilíbrio ambiental. O solo, por sua vez, sofrerá modificações em fertilidade quando a vegetação for retirada, pela perda ou modificação da ciclagem de nutrientes.

Planos e programas de restauração de áreas alteradas são determinados mediante o conhecimento do comportamento das espécies trabalhadas sob variação sazonal e climática em ecossistemas estáveis (SOUZA & DAVIDE, 2001), uma vez que há variação de comportamento de espécies ao longo das estações do ano (ROCHA, 2006).

Lenza & Klink (2006), acompanharam o comportamento fenológico de dezenove espécies lenhosas no cerrado e constataram que a queda das folhas ocorreu principalmente durante o período seco, sendo seguida pela elevada brotação na transição entre os períodos seco e chuvoso. No mesmo trabalho, o comportamento de algumas espécies (*Miconia albicans*, *M. fallax* e *Myrsine guianensis*) sugere que a baixa disponibilidade de água no solo, que ocorre durante o período seco limita a produção de folhas, retomando a produção logo após o início do período das chuvas.

Poucos são estudos em relação às espécies apropriadas à restauração de ambientes alterados. Este fato evidencia a necessidade de elaboração e condução de estudos mais minuciosos destes ambientes visando definir espécies mais apropriadas à este fim. Levantamentos edáficos e de modelos silviculturais são vistos como um caminho para suprir essa demanda. O uso de espécies nativas na recomposição da cobertura vegetal apresenta vantagens, podendo ser citadas: a contribuição para a conservação da biodiversidade regional, protegendo, ou expandindo as fontes naturais de diversidade genética da flora e da fauna a ela associada, podendo também representar importantes vantagens técnicas e econômicas devido à proximidade da fonte de propágulos, facilidade de aclimatação e perpetuação das espécies (OLIVEIRA-FILHO, 1994).

3.4 IMPORTÂNCIA DAS ESPÉCIES ARBÓREAS NA RESTAURAÇÃO DE ÁREAS ALTERADAS POR PASTAGEM

Franco (1996) defende o uso de espécies florestais na recuperação de áreas degradadas, inclusive as leguminosas, pois estas se apresentam como uma boa opção para recuperar de maneira sustentável os solos das regiões tropicais, devido a sua influência positiva em vários atributos na qualidade do solo.

Curcio et. al. (2007) confirma a importância da escolha adequada das espécies

arbóreas nativas a serem implantadas na restauração de áreas alteradas, por meio da adaptabilidade das espécies às diferentes condições hídricas dos solos, proporcionando melhor estabelecimento das plântulas, desenvolvimento e sobrevivência.

Segundo Dickow et. el. (2009), a importância em saber-se que as espécies trabalham de maneira diferenciada com relação à ciclagem de nutriente está na recomendação de espécies para recuperar ambientes degradados. Espécies pioneiras, que produzem bastante serapilheira e que, por conseguinte reciclam grande quantidade de nutrientes são espécies-chave para acelerar os processos de recuperação das áreas.

O grupo das espécies pioneiras necessita de níveis maiores de radiação solar para germinação e crescimento de suas plântulas. O grupo das espécies clímax, é considerado tolerante ao sombreamento inicial podendo germinar e se desenvolver sob dossel fechado com reduzida radiação solar (FELFINI et. al., 1999).

Em áreas invadidas por gramíneas onde a luminosidade é excessiva o uso de espécies pioneiras é adequado, pois estas aceitam grande radiação solar, normalmente são de rápido crescimento e se mostram mais tolerantes à competição com essas gramíneas.

3.4.1 Influência do sombreamento sobre as gramíneas

Espécies que geram densa cobertura de dossel dificultam o estabelecimento e crescimento das plântulas das espécies componentes da sucessão natural, uma vez que proporcionam pouca incidência de radiação solar. As disponibilidades de água, luz e nutrientes às espécies arbóreas também são afetadas pela presença de outras espécies que geram densa cobertura de dossel. O crescimento desfavorável das espécies arbóreas se dá por competição intra e interespecífica por ambientes favoráveis, entre as espécies ocupantes da mesma área, sendo a água disputada na estação seca e luz na estação úmida (GUILHERME, 2000).

Segundo Martins et. al. (2004) a presença de espécies exóticas, como gramíneas, representa um problema no funcionamento dos ecossistemas e ameaça a diversidade vegetal, uma vez que se espalham e deslocam as espécies nativas graças à sua agressividade e sua alta capacidade competitiva e reprodutiva, determinada pela eficiência fotossintética e utilização de nutrientes (PIVELLO, 2008).

A agressividade e a dominância das gramíneas são fatores que tornam lenta a sucessão natural de florestas tropicais. Pesquisas mostram que o plantio de árvores em áreas

alteradas ameniza os fatores desfavoráveis, acelerando a sucessão natural (COSTA et. al., 2004) e a escolha certa das espécies vegetais proporciona sucesso na recuperação desta área (FERREIRA et. al., 2007). A revegetação de áreas alteradas pelo plantio de espécies arbóreas adequadas é essencial para reconstituição acelerada da sucessão natural (DE SOUZA et. al., 2001).

Um estudo que visou observar o florescimento de seis espécies de gramíneas forrageiras tropicais cultivadas sob condições de luminosidade reduzida pela cobertura com telas plásticas constatou que o sombreamento exerceu diminuição da densidade de inflorescências destas espécies. A interação sombreamento x gramínea mostra que o florescimento de algumas espécies foi afetado pela luminosidade retardando a emissão das inflorescências, devido à baixa intensidade de radiação ambiente limitar o suprimento de alguns metabólitos essenciais requeridos para o crescimento dessas estruturas reprodutivas (CASTRO & CARVALHO, 2000).

Schreiner (1987) estudando o comportamento e a produção das gramíneas braquiária, pangola, capim-limpo e pensacola, submetidas a quatro graus de sombreamento, mostrou que todas as gramíneas testadas podem ser consideradas moderadamente resistentes ao sombreamento, contudo nenhuma das espécies poderiam ser classificadas como resistentes ao sombreamento denso.

Além de propiciar a gradativa eliminação de gramíneas, o sombreamento pode garantir o desenvolvimento de outras espécies presentes no banco de sementes da área. Braga et. al. (2007) estudando o enriquecimento do sistema solo-serapilheira com espécies arbóreas aptas para recuperação de áreas degradadas verificaram que o ambiente sombreado favoreceu o crescimento de mudas das espécies oriundas do banco de sementes presentes na serapilheira e no solo orgânico e das utilizadas no enriquecimento da serapilheira.

3.5 NUTRIENTES NAS FOLHAS

Os nutrientes minerais têm funções essenciais e específicas no metabolismo dos vegetais (EPSTEIN, 1975) e estes são classificados em macronutrientes e micronutrientes (MARENCO & LOPES, 2005). Os nutrientes minerais denominados macronutrientes são N, P, K, Ca, Mg e S e os micronutrientes são B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn e Ni. Além dos nutrientes minerais as plantas necessitam de água e outros compostos orgânicos (FERRI, 1979; MALAVOLTA, 1980; MENGEL & KIRKIBY, 1987; MARSCHNER, 1990).

As funções dos nutrientes são diversas, podendo ser constituintes estruturais de células, ativadores de reações enzimáticas, transferência de energia, transporte de elétrons, entre outros, e estas atividades ocorrem majoritariamente em partes ativas das plantas, como nas folhas e brotações (EPSTEIN & BLOOM, 2006), justificando o elevado teor de nutrientes nas folhas.

O teor dos nutrientes nos diversos compartimentos das plantas pode sofrer modificações por lixiviação, lavagem e redistribuição. Há aqueles nutrientes que são lixiviados e/ou lavados das folhas verdes, como o magnésio (SANTOS et. al., 1981), redistribuídos antes da abscisão foliar, como o nitrogênio, fósforo, potássio e o magnésio e aqueles que ainda podem permanecer em órgãos maduros, como o cálcio (MALAVOLTA, 1979). A partir daí pode-se supor que o teor de nutriente foliar varia pela característica da mobilidade do elemento, podendo ser redistribuído ou não antes da abscisão foliar.

Na revisão bibliográfica de Boeger et. al. (2005), quando avaliados os nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estádios sucessionais de Floresta Ombrófila Densa no sul do Brasil, foi ressaltada a importância da análise de nutrientes foliares, uma vez que esta técnica tem se mostrado como um bom indicador do estresse nutricional de algumas espécies, pela comparação de plantas com pouco e ótimo suprimento de nutrientes. Os autores também constataram que a concentração de nutrientes foliares pode variar de acordo com a idade da folha, luz disponível, sazonalidade, lixiviação e o tipo de solo florestal.

De acordo com Larcher (2000) ainda são escassos os dados referentes às exigências nutricionais e a adaptação às condições ambientais distintas das espécies florestais, devido à heterogeneidade dos solos das regiões tropicais. Na Amazônia, água e incidência solar não apresentam restrições, porém a fertilidade destes solos é fator limitante.

3.6 CICLAGEM DE NUTRIENTES

O estudo da dinâmica dos nutrientes dentro de um bioma é de relevante importância no que diz respeito à adoção de práticas conservacionistas e de recuperação de remanescentes florestais, tendo em vista o uso de espécies adequadas que recomponham áreas degradadas que sofreram perda na qualidade química do solo, entre outros danos causados pela retirada da vegetação nativa. A ciclagem de nutrientes promove trocas de elementos minerais entre os seres vivos e o ambiente que os envolve. Golley (1996) e Jordan (1985) afirmam que o estudo da dinâmica dos nutrientes dentro de um bioma pode trazer informações sobre a distribuição e

fluxo destes elementos entre os diferentes compartimentos – solo, serapilheira, planta.

3.6.1 Movimentação dos nutrientes

A movimentação dos nutrientes na floresta se dá por duas formas de ciclos de nutrientes: externo e interno. O ciclo externo é conhecido como geoquímico e abrange as transferências de nutrientes para dentro e para fora do ecossistema florestal. A movimentação interna é chamada de ciclo biológico e representa a ciclagem interna dos nutrientes no ecossistema florestal. Este ciclo biológico é subdividido em ciclo bioquímico e em ciclo biogeoquímico, representando a movimentação dos nutrientes dentro da planta e a ciclagem dos nutrientes entre o solo e a biomassa arbórea, respectivamente (Pritchett, 1979).

3.6.1.1 Ciclo geoquímico

SWITZER e NELSON (1972) caracterizam o ciclo geoquímico como sendo as trocas de elementos minerais entre diferentes ecossistemas. A adição de nutrientes aos ecossistemas se dá pelas precipitações atmosféricas, poeira, precipitações, intemperização da rocha matriz, fixação biológica do nitrogênio e fertilização artificial. A retirada de nutrientes do ecossistema se dá principalmente pela erosão, lixiviação e exploração florestal.

3.6.1.2 Ciclo bioquímico

O ciclo bioquímico refere-se à redistribuição dos nutrientes dentro da planta, caracterizando as diferenças na mobilidade de cada elemento (Switzer & Nelson, 1972). De acordo com POGGIANI (1981) é através desta ciclagem que o nitrogênio, o fósforo, o potássio e o magnésio são transferidos dos órgãos velhos da planta para os órgãos novos, antes da abscisão foliar. Até 40% da exigência de nitrogênio e de fósforo é suprida pela redistribuição dos elementos dentro da planta (Switzer & Nelson, 1973).

3.6.1.3 Ciclo biogeoquímico

SWITZER e NELSON (1972) caracterizam o ciclo biogeoquímico como sendo as trocas químicas entre o solo e a planta, envolvendo a absorção dos nutrientes pela planta, lixiviação pela água da chuva, desfolhação por herbívoros e decomposição da serapilheira. POGGIANI (1981) afirma que pela decomposição das folhas, ramos, frutos, flores e fragmentos de casca que caem ao solo, após sua decomposição, liberarão nutrientes que serão novamente utilizados pela floresta.

A vegetação promove deposição de resíduos no solo – serapilheira - e formação de matéria orgânica que mediante o processo de sua decomposição proporciona a ciclagem de nutrientes no sistema solo-planta, fundamental na recuperação de áreas degradadas. A serapilheira também conhecida por litter, liteira, folhedeo ou manta constitui-se no meio principal de fluxo de nutrientes e permite que parte dos nutrientes absorvidos pela vegetação retorne ao solo.

Pelo exposto, a dinâmica da serapilheira e de seus nutrientes é essencial à manutenção de florestas nativas ou plantios florestais. Por conseguinte, a literatura nos mostra que há várias pesquisas avaliando o conteúdo nutricional da serapilheira em diferentes ecossistemas florestais (ARATO et al., 2003; BRITZ, 1994; KÖNIG et al., 2002; SCHUMACHER et al., 2003; SCHUMACHER et al., 2004).

Quando a vegetação é retirada de um ambiente, a principal reserva de nutrientes no ambiente será a do solo, que terá a adição de nutrientes e matéria orgânica diminuída e que também poderá sofrer perdas por erosão e lixiviação. Ao se tentar recompor a vegetação a reserva do solo poderá não ser suficiente para propiciar o desenvolvimento inicial da vegetação. Além disso, baixas reservas de nutrientes promovem desenvolvimento radicular superficial e com isso menor volume de solo será explorado, resultando em menor absorção de água e nutrientes.

Portanto, o material proveniente das árvores que é depositado sobre o solo, denominado de serapilheira, pode ser considerado co-responsável por permitir o desenvolvimento das plantas, pois é através dela que ocorre parte do retorno de matéria orgânica e de nutrientes para o solo florestal. O retorno ao solo de grande parte dos nutrientes ressalta a importância da serapilheira na manutenção da sustentabilidade do ecossistema (SCHUMACHER et al. 2004). As florestas são sustentadas por solos muitas vezes pobres e a vegetação é mantida pela ciclagem de nutrientes. Dentre os compartimentos da parte aérea da planta, as folhas contribuem com maior quantidade para a deposição e fitomassa sobre o solo (SCHUMACHER & POGGIANI, 1993) possuindo o maior teor de nutrientes (BRITZ,

1994; FERREIRA et. al., 2007a; NASCIMENTO, 2006; ROCHA, 2006).

A ciclagem de nutrientes em florestas é avaliada através da quantificação dos teores de nutrientes que se movimentam entre os compartimentos da biomassa das árvores. Schumacher et. al. (2004) define a serapilheira acumulada sobre o solo, a biomassa das raízes, a vegetação do sub-bosque e o solo como compartimentos da biomassa aérea das árvores.

Vital et. al., (2004) estudando a produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária, percebeu que o fornecimento de nutrientes ao solo através da serapilheira e ciclagem de nutrientes ocorre constantemente no decorrer do ano. Também concluiu que ocorreu baixo acúmulo de serapilheira na superfície do solo, caracterizada por rápida velocidade de decomposição e, conseqüentemente, rápido aproveitamento de nutrientes por parte da vegetação, o que favoreceu a ciclagem e o equilíbrio do ecossistema estudado.

A quantificação da produção de serapilheira é um fator importante na recomendação de espécies nativas para uso em recuperação de áreas alteradas. Produção de serapilheira é um indicador de recuperação e sua elevada taxa de decomposição indica favorecer a rápida liberação e o conseqüente reaproveitamento dos nutrientes por parte do sistema radicular da vegetação (ARATO et. al., 2003), uma vez que a serapilheira proporciona reservatório de nutrientes (SOUZA & DAVIDE, 2001).

Segundo Schumacher et al. (2003), a importância da serapilheira está no fato de que sua permanência na floresta fará com que esta seja reaproveitada no ciclo de nutrientes do ecossistema. A serapilheira atua na superfície do solo como um sistema de entrada e saída de nutrientes ao ecossistema, através dos processos de produção e decomposição (MARTINS et. al. 1999), mantendo a produtividade do sítio degradado em recuperação (SOUZA & DAVIDE, 2001).

Em estudo realizado por Rocha (2006) com três tipologias da Floresta Atlântica, a quantidade de serapilheira depositada pelas diferentes espécies arbóreas avaliadas, mostrou que há relação entre deposição de fitomassa e valor de importância das espécies no ecossistema. A alta produção de serapilheira pode estar relacionada ao alto grau de perturbação da floresta, que investe no maior aporte de energia na produção de serapilheira, como estratégia de recuperação (KÖNIG et. al., 2002).

Souza et. al. (2006) estudando sobre o banco de sementes contido na serapilheira utilizada para recuperação de áreas degradadas afirmam que desde que observadas as condições climáticas, edáficas e de manejo adequado, a serapilheira possui razoável potencial para a recuperação de áreas degradadas.

Moraes et. al. (2008) avaliando as características do solo na restauração de áreas degradadas em Poços das Antas- RJ, verificaram que plantios mistos de espécies arbóreas nativas conseguiram atingir níveis de fertilidade do solo semelhantes aos de floresta madura.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento localiza-se na Reserva Natural do Rio Cachoeira (entre as coordenadas 25°25'S e 48°40'W), porção oeste-noroeste da Baía de Antonina, em área pertencente à Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem e Educação Ambiental (SPVS), localizada no município de Antonina, estado do Paraná.

O clima da região é do tipo Af, segundo a classificação de Köppen, descrito como chuvoso tropical sempre úmido, com temperatura média de 21,1 °C, não havendo estação seca e as geadas são pouco frequentes. A média pluviométrica anual varia entre 2.500 e 3.000 mm, com maior pluviosidade de janeiro a março, sendo a umidade relativa média do ar de 85%, com pouca variação ao longo do ano (IPARDES, 2001).

A área experimental é constituída por solos da classe dos CAMBISSOLO HÁPLICO gleico (SPVS, 2002), que de acordo com Ferreti & Britez (2005), na Reserva Natural Rio Cachoeira, situam-se próximo à base das encostas, confrontando com a porção mais elevada da Planície Aluvial.

Originalmente a área era ocupada por Floresta Ombrófila Densa da Mata Atlântica, posteriormente ocorrendo seu desmatamento e uso para pastagem com gramíneas exóticas.



FIGURA 1 – PLANTIO PURO DE *Inga edulis* (INGÁ VERMELHO) COM TRÊS ANOS DE IDADE



FIGURA 2 – PLANTIO PURO DE *Rapanea ferruginea* (CAPOROROCA) COM TRÊS ANOS DE IDADE

4.2 INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento inicial foi instalado em novembro de 2004 e conduzidas em parceria com a Embrapa Florestas. As espécies utilizadas foram *Senna multijuga* (aleluia); *Rapanea ferruginea* (capororoca); *Schizolobium parahyba* (guapuruvu); *Cytharexylum myrianthum* (jacataúva); e *Inga edulis* (ingá vermelho). O presente trabalho foi desenvolvido nos plantios puros das espécies *Rapanea furruginea* (capororoca) e *Inga edulis* (ingá vermelho), plantadas à pleno sol. Foram monitoradas as variáveis: altura da planta, diâmetro a 20 cm de altura do solo, determinação de macronutrientes nas folhas e no litter produzidos e determinação das propriedades químicas do solo, sob as espécies trabalhadas.

As mudas foram produzidas no viveiro da Reserva Natural do Rio Cachoeira e Morro da Mina, a partir de sementes coletadas de matrizes (progênie) marcadas na Floresta Ombrófila Densa Atlântica. Na produção de mudas foram usados tubetes de polipropileno com tamanho que varia de 50 a 250 cm³ e, também, sacos plásticos, com dimensões de 18 x 30 cm (jacataúva). As mudas foram levadas a campo com uma altura que variou de 10 a 30 cm.



FIGURA 3 – VIVEIRO DE MUDAS NA RESERVA NATURAL DO RIO CACHOEIRA

O preparo da área experimental foi mecanizado com o uso de subsolador e enxada

rotativa. A abertura das covas foi manual. Entre as linhas de plantio, a manutenção foi realizada mediante o uso de roçadeira mecânica. Após o plantio foi realizado o coroamento manual com foice no entorno das plantas. A vegetação removida foi colocada em torno da planta na forma de “mulch”, para evitar que o solo fique desnudo. A frequência dessas operações depende do ritmo de crescimento das mudas e da vegetação ao seu redor. Abandonou-se a manutenção quando as gramíneas e arbustos não mais competem com a espécie plantada, pois iniciando um processo de revegetação em áreas de florestas, dão-se condições para que a natureza se encarregue da continuidade do processo (MACEDO, 1993).

O delineamento experimental de implantação foi de blocos ao acaso com 50 plantas por parcelas (5 x 10 plantas) e 5 repetições. Cada parcela tem 24 plantas úteis com área de 96 m², e espaçamento de 2,5 m entre linhas x 1,6 m entre plantas. Foram usados três tratamentos constituídos pelas seguintes doses de esterco de búfalo: testemunho (Dose 0); 300 g (Dose 1) e 600 g (Dose 2). A adubação foi feita na cova de plantio. A dose 1 foi aplicada por ocasião do plantio. A dose 2 (600 g) foi aplicada em duas vezes, da seguinte forma: 300 g durante o plantio e 300g 30 dias após o mesmo. Estes tratamentos foram desconsiderados, uma vez que não influíram significativamente no desempenho das espécies.

Devido à alta mortalidade de plantas e a não significância dos tratamentos o experimento foi simplificado para três repetições, sendo os tratamentos das subparcelas das doses de esterco, condensadas para uma única parcela. Cada bloco continha 150 plantas e 72 árvores úteis, numa área de 3600 m².

4.3 COLETA DE MATERIAL

A coleta de material foi efetuada no final do mês de agosto de 2007. Foram amostradas as 45 árvores por bloco que apresentaram maior diâmetro exceto bordadura, ou seja, dentre as árvores úteis. Quando a árvore apresentava bifurcação, escolheu-se o tronco com maior diâmetro. O diâmetro das árvores amostradas foi medido em duas direções perpendiculares à 20 cm de altura do solo, com o auxílio de uma suta.

4.3.1 Coleta de material foliar

A coleta do material foliar foi realizada da posição intermediária da copa nos quatro

quadrantes, gerando quatro amostras simples que compuseram uma amostra composta por árvore.



FIGURA 4.1 – COLETA DAS FOLHAS (TODAS AS FOLHAS NO GALHO)



FIGURA 4.2 – COLETA DAS FOLHAS (GALHO SEM AS FOLHAS JÁ COLETADAS)

4.3.2 Coleta do litter

A coleta do litter foi realizada na projeção da copa das árvores, nos quatro quadrantes em número de quatro amostras simples que compuseram uma amostra composta por árvore.



FIGURA 5.1 – COLETA DO “LITTER” DA ESPÉCIE *Ingá edulis* (ANTES DA COLETA)



FIGURA 5.2 – COLETA DO “LITTER” DA ESPÉCIE *Ingá edulis* (APÓS A COLETA)



FIGURA 6.1 – COLETA DO “LITTER” DA ESPÉCIE *Rapanea ferruginea* (ANTES DA COLETA)



FIGURA 6.2 – COLETA DO “LITTER” DA ESPÉCIE *Rapanea ferruginea* (APÓS A COLETA)

4.3.3 Coleta de solo

O solo foi coletado sob a copa das árvores, na projeção da periferia desta e abaixo das coletas de litter, em número de quatro amostras simples que compuseram uma amostra composta por árvore. A coleta do solo foi efetuada em duas profundidades, a saber: o solo de 0-5cm foi coletado com um cilindro de 6 cm de comprimento, restando 1 cm para fora do solo e a profundidade de 0-20 cm foi coletada com o auxílio de um trado holandês, ao lado da coleta de 0-5 cm.



FIGURA 7.1 – COLETA DO SOLO DE 0-5 CM



FIGURA 7.2 – COLETA DO SOLO DE 0-20 CM

4.4 PREPARO DAS AMOSTRAS FOLIARES, DO LITTER E DO SOLO

Anteriormente às análises laboratoriais, as amostras de tecido vegetal passaram por secagem em estufa e moagem. As amostras de solo foram secas ao ar, em casa de vegetação.

4.5 ANÁLISES LABORATORIAIS

As análises químicas do solo foram realizadas segundo EMBRAPA (1997) onde foram determinados os seguintes elementos: Nitrogênio, carbono, P, K, Ca, Mg e Al. Também foram determinados o pH em CaCl_2 e SMP, ambos medidos com utilização de eletrodo de vidro. O Ca e Mg foram extraídos com KCl 1mol L^{-1} e medidos através de espectrofotometria de absorção atômica em espectrofotômetro de absorção atômica AA-6200 Shimadzu. O K foi extraído com HCl $0,05\text{mol L}^{-1}$ + H_2SO_4 $0,025\text{mol L}^{-1}$ e determinado por espectrofotometria de emissão em equipamento Perkin Elmer 2380. O Al foi extraído com KCl 1mol L^{-1} e determinado por titulação com NaOH $0,025\text{mol L}^{-1}$ e com azul-bromotimol. O P foi extraído

com HCl 0,05mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025mol L⁻¹ e determinado por colorimetria; O H⁺ + Al³⁺ foram determinados pela conversão do pH (SMP), utilizando a porcentagem de Carbono presente na amostras. O Nitrogênio e o Carbono foram determinados por combustão seca utilizando o equipamento Vario EL III da Elementar Analysensysteme (Hanau, Alemanha).

O tecido vegetal, após secagem e moagem, foi digerido via seca e solubilizado com HCl 3 mol/L⁻¹ (MARTINS & REISSMANN, 2007) para as determinações de P, K, Ca, Mg e Al. Para determinação de Ca, Mg e Al utilizou-se a espectrofotometria de absorção atômica em espectrofotômetro de absorção atômica AA-6200 Shimadzu. A determinação de P foi realizada por colometria em espectrofotômetro UV/VIS Shimadzu modelo 1240-Mini. Para determinação de K foi utilizado espectrofotometria de emissão em equipamento Perkin Elmer 2380. O Nitrogênio e o Carbono foram determinados por combustão seca utilizando o equipamento Vario EL III da Elementar Analysensysteme (Hanau, Alemanha).

4.6 EFICIÊNCIA NUTRICIONAL

$$\text{Para Conteúdo em 100 folhas (g)} = \frac{\text{teor na folha (g/Kg)} \times \text{peso de 100 folhas (g)}}{1000}$$

$$\text{Eficiência nutricional para produção de biomassa} = \frac{\text{peso de 100 folhas (g)}}{\text{conteúdo em 100 folhas (g)}}$$

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada com o emprego do *software* SANEST (Sistema de análise estatística). Após o emprego da ANOVA as médias dos parâmetros e das concentrações de nutrientes em cada compartimento estudado foram comparadas através do teste de Duncan, a 5% de probabilidade. O delineamento considerado foi em blocos ao acaso, com três repetições e tratamento fatorial 2 X 2, duas espécies e duas profundidades de solo e, da mesma forma, com três repetições e tratamento fatorial 2 X 2, duas espécies e dois materiais, folha e litter.

Foram verificadas as seguintes correlações: os nutrientes das folhas entre os

nutrientes do litter; os nutrientes da folha entre os nutrientes do solo de 0-5 cm e os nutrientes da folha entre os nutrientes do solo de 0-20 cm.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS DADOS

5.1.1 Solos

Analisando os diferentes compartimentos dos dois plantios, fez-se inicialmente a análise de variância das diferentes variáveis no sentido de verificar as diferenças entre as variáveis do solo, do litter e das folhas. Realizou-se a análise de variância dos atributos dos solos de 0-5 cm e 0-20 cm sob as espécies trabalhadas (TABELA 1 e TABELA 2).

TABELA 1: VALORES MÉDIOS DE N, C, P, K, CA, MG, AL E H+AL ENCONTRADOS NO SOLO SOB *Inga edulis* E *Rapanea ferruginea*.

Nitrogênio (%)	0-20 cm	0-5 cm	média
<i>Rapanea ferruginea</i>	0,24 aA	0,41 aB	0,32 a
<i>Inga edulis</i>	0,25 aA	0,43 aB	0,34 a
Média	0,24 A	0,42 B	
Carbono (%)	0-20 cm	0-5 cm	média
<i>Rapanea ferruginea</i>	2,07 aA	4,21 aB	3,14 a
<i>Inga edulis</i>	2,29 aA	4,29 aB	3,29 a
Média	2,18 A	4,25 B	
Fósforo (mg/dm³)	0-20 cm	0,5 cm	Média
<i>Rapanea ferruginea</i>	30,33 aA	39,07 aA	34,70 a
<i>Inga edulis</i>	41,50 aA	65,57 bB	53,53 b
Média	35,92 A	52,32 B	
Potássio (cmol/dm³)	0-20 cm	0-5 cm	Média
<i>Inga edulis</i>	0,07 aA	0,16 aB	0,12 a
<i>Rapanea ferruginea</i>	0,09 aA	0,18 aB	0,13 a
Média	0,08 A	0,17 B	
Cálcio (cmol/ dm³)	0-20 cm	0-5 cm	Média
<i>Inga edulis</i>	1,23 aA	1,44 aB	1,34 a
<i>Rapanea ferruginea</i>	1,26 aA	1,57 aB	1,42 a
Média	1,25 A	1,51 B	
Magnésio (cmol/ dm³)	0-20 cm	0-5 cm	Média
<i>Inga edulis</i>	0,43 aA	0,83 aB	0,63 a
<i>Rapanea ferruginea</i>	0,36 aA	0,96 aB	0,66 a
Média	0,39 A	0,90 B	
Alumínio (cmol/ dm³)	0-5 cm	0-20 cm	Média
<i>Inga edulis</i>	1,35 aA	1,46 aA	1,41 a
<i>Rapanea ferruginea</i>	1,39 aA	1,48 aA	1,43 a
Média	1,37 A	1,47 A	
H+Al (cmol/ dm³)	0-20 cm	0-5 cm	Média
<i>Rapanea ferruginea</i>	7,49 aA	9,24 aB	8,37 a
<i>Inga edulis</i>	7,56 aA	9,54 aB	8,55 a

Média | 7,53 A | 9,39 B |
 Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem entre si ao nível de significância de 5%.

TABELA 2: VALORES MÉDIOS DE pH CaCl₂ ENCONTRADOS NO SOLO AOB *Inga edulis* E *Rapanea ferruginea* (n=45).

pH CaCl ₂	0-5 cm	0-20 cm	Média
<i>Inga edulis</i>	4,06 aA	4,09 aA	4,07 a
<i>Rapanea ferruginea</i>	4,02 aA	4,18 bB	4,10 a
Média	4,04 A	4,13 B	

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem entre si ao nível de significância de 5%.

Nas duas espécies trabalhadas houve diferença significativa entre os teores de nitrogênio apresentados nas camadas 0-5 cm e 0-20 cm do solo. Isto se deve ao maior aporte de matéria orgânica na superfície do solo, da mesma forma como foi observado para o C (TABELA 1), sendo uma constatação comum na distribuição do carbono no perfil do solo (BRADY, 1989). Por outro lado, entre as duas espécies, não houve diferença significativa nos teores de nitrogênio do solo de 0-5 cm bem como, de 0-20 cm, muito embora, a contribuição da espécie *Inga edulis* em termos de folha e litter tenha sido significativamente maior (TABELA 3). No entanto, não foi suficiente para promover uma diferença significativa no solo sob as duas espécies no período estudado, podendo-se supor que a mais longo prazo esta diferença se evidencie.

Quanto ao teor de matéria orgânica (C x 1,724) os solos a 0-5 cm de profundidade, sob as duas espécies se classificam como nível “alto” (7,39 % para *Inga edulis* e 7,26 % para *Rapanea ferruginea*) e os solos a 0-20 cm de profundidade, sob as duas espécies se classificam como nível “médio” (3,95% para *Inga edulis* e 3,57% para *Rapanea ferruginea*) (COMISSÃO, 2004). A relação C/N dos solos nas duas profundidades sob ambas as espécies foi uniforme – 10,0 e 9,2 (0-5 cm e 0-20 cm respectivamente) sob *Inga edulis* e 10,3 – 8,6 sob *Rapanea ferruginea*. Alta relação C/N (pequena quantidade de nitrogênio em relação ao carbono) estimula os microrganismos a utilizarem o NH₄⁺ ou NO₃ presente no solo para decompor material vegetal, imobilizando o nitrogênio. Os solos estudados apresentaram relação C/N que poderá permitir a decomposição do material vegetal, sem comprometer o nitrogênio potencialmente disponível. Gama-Rodrigues et. al., (1997) estudando solo e litter sob diferentes coberturas florestais, relataram que as maiores taxas de decomposição estavam associadas ao litter com maior teor de nitrogênio, podendo supor que o teor deste elemento do litter é um dos responsáveis pela velocidade da taxa de decomposição da matéria seca. A decomposição da matéria orgânica do solo tem estreita relação com a mineralização do

nitrogênio, pois o elemento é ligado covalentemente ao carbono da matéria orgânica e rápidas decomposições implicam numa rápida liberação do nitrogênio. Vitousek & Sanford (1986) relatam que em planícies tropicais baixas é observada uma rápida mineralização do nitrogênio.

Conforme pode ser observado na Tabela 1, na espécie *Inga edulis* houve diferença significativa entre os teores de fósforo detectados nas camadas 0-5 cm e 0-20 cm do solo, porém não houve diferença significativa sob a espécie *Rapanea ferruginea*. Visualmente foi observado que a espécie *Inga edulis* apresentou uma densa cobertura do solo pelo aporte de material vegetal, quando comparado à espécie *Rapanea ferruginea*. Uma cobertura do solo densa e presente constantemente, permite um aumento no teor de fósforo na camada mais próxima a superfície, pois não ocorre o processo de adsorção promovida pela movimentação do solo como acontece em solos constantemente submetidos à aração (Rheinheimer, 2000).

Houve diferença significativa dos teores de fósforo no solo de 0-5 cm entre as duas espécies, sobressaindo o alto teor sob o *Inga edulis*. Não houve diferença significativa dos teores de fósforo no solo de 0-20 cm entre as duas espécies. Constata-se que os valores são bastantes altos e, o solo de 0-5 cm sob a espécie *Inga edulis*, com teor de fósforo classificado em muito alto $65,57 \text{ mg dm}^{-3}$ (COMISSÃO, 2004), pode ser explicado, em parte, pelo grande aporte de matéria orgânica encontrado sobre esta camada. Não obstante, o solo de 0-5 cm sob a espécie *Rapanea ferruginea*, com teor de fósforo classificado em alto $39,07 \text{ mg dm}^{-3}$ (COMISSÃO, 2004). De acordo com a literatura, um maior teor de fósforo nas camadas mais próximas à superfície do solo está correlacionado com um maior teor de matéria orgânica (FERNANDES et. al., 1997), muito provavelmente devido a maior proporção de fósforo orgânico (NOVAIS & SMITH, 1999). O material vegetal depositado no solo, os microorganismos e os produtos de sua decomposição fornecem fósforo ao solo (DALAL 1977; TATE, 1984), podendo encontrar maiores teores de fósforo na camada superficial e com decréscimo em profundidade, pelo menor revolvimento do solo, menores perdas por erosão e ciclagem promovida pelas plantas, que absorvem o fósforo disponível em maiores profundidades e o depositam na superfície do solo, pela decomposição do material vegetal (SOUZA, 2008).

Em relação a grande diferença entre os teores de fósforo sob o *Inga edulis* e a *Rapanea ferruginea*, nesta primeira camada, não se descartariam efeitos de maior solubilização como resultado de exudatos radiculares por parte do *Inga edulis*, como observado para *Lupinus albus*, conforme citação de Marschner (1995). Ae et al (1990) observaram que alguns gêneros de plantas como *Cajanus*, *Inga*, *Erithina* e *Leucena* podem

produzir ácidos orgânicos para aumentar a disponibilidade de P de fonte de baixa solubilidade, corroborando com os resultados obtidos por Johnson et. al. (1996), que verificaram que deficiência de P aumenta desenvolvimento radicular e essas raízes sintetizam grandes quantidades de citrato e malato, ácidos orgânicos capazes de solubilizar o fósforo. Neste caso, o que pode aumentar a solubilidade do fósforo é a competição entre estes ácidos orgânicos e o fósforo pelos sítios de adsorção, mantendo este elemento em suas formas mais disponíveis em solução (PAVINATO & ROSOLEM, 2008), e os ácidos orgânicos formando complexos organometálicos estáveis com Fe e Al, em pH do solo variando entre 4,0 e 7,0 (SPOSITO, 1989).

Nas duas espécies trabalhadas houve diferença significativa entre os teores de potássio apresentados nas camadas 0-5 cm e 0-20 cm do solo. Não houve diferença significativa dos teores de potássio no solo de 0-5 cm entre as duas espécies, fato também observado nos teores de potássio no solo de 0-20 cm entre as duas espécies. Os valores de potássio encontrados nos solos de 0-20 cm sob as duas espécies apresentaram-se baixos e em conformidade com os encontrados em Mata ciliar nativa, na mesma profundidade, por Oliveira (2007), estudando povoamentos florestais e mata ciliar nativa sob solos degradados por extração de areia. A distribuição do potássio no perfil do solo é variável, porém as maiores concentrações do elemento podem ser encontradas nas camadas superficiais, uma vez que a maior disponibilidade de potássio nos solos sob vegetação de floresta é dependente da mineralização da matéria orgânica (RODRIGUES et. al., 2004).

Em termos de litter houve baixa contribuição das espécies (TABELA 4) e os altos valores apresentados de potássio na profundidade 0-5 cm podem ser explicados pelo elevado grau de lixiviação que o elemento sofre, tanto de órgãos vivos quanto de órgãos mortos da planta (MENGEL & KIRKBY, 1987; MALAVOLTA, 1980), lavagem das partes vivas pela água da chuva que passa pela cobertura vegetal (FRANKEN, 1985) ou ainda, ser resultado de resquícios da decomposição das gramíneas. As braquiárias possuem alta capacidade de absorver e acumular o potássio, proporcionando um incremento do elemento ao solo, mediante a decomposição do material remanescente nas camadas superficiais (CRUSCIOL & BORGHI, 2007). Entretanto, a lixiviação do potássio é uma das principais vias e incremento do elemento ao solo, pois este não é componente estrutural de compostos de plantas e a mineralização não é pré-requisito para sua liberação (GAMA-RODRIGUES & BARROS, 2002). Perez-Marin & Menezes, (2008) verificaram que tanto o potássio como o nitrogênio e o fósforo podem ser lixiviados do tronco e da copa das árvores pela lavagem desses elementos da superfície das folhas e nos troncos das árvores após a deposição de poeira e ainda pela

lixiviação da solução do apoplasto por meio dos estômatos e outras aberturas da epiderme foliar e do tronco. O potássio é um elemento que apresenta alta concentração no apoplasto, mas sua retenção é baixa.

Não houve diferença significativa dos teores de cálcio nas duas profundidades exploradas entre as duas espécies. Foi observada diferença significativa entre os teores de cálcio apresentados nas camadas 0-5 cm e 0-20 cm dos solos sob as duas espécies e, os teores nas duas profundidades são classificados como baixos, conforme Comissão (2004), estando em conformidade com os valores observados por outros autores em solos tropicais (VITOUSEK & SANFORD, 1986). A diferença significativa nos teores de cálcio encontrada entre as profundidades sob as duas espécies pode ser devido ao acúmulo deste elemento na serapilheira uma vez que o elemento é pouco móvel no tecido das plantas, não havendo incorporação em profundidade, possivelmente pela pouca idade do povoamento estudado. O mesmo foi observado por Corrêa (2007) que estudou horizontes orgânicos na Unidade de Conservação Reserva Natural do Rio Cachoeira sob três tipologias. Corrêa (2007) verificou que o teor de cálcio na profundidade de 0-5 cm apresentou diferença significativa quando comparado a profundidade 0-10 cm numa população com 20 anos de idade, contudo em populações com 80 e 120 anos de idade não observou diferença significativa entre as profundidades para os teores de cálcio. Espig (2003), estudando um fragmento de Mata Atlântica em Pernambuco também verificou decréscimo do cálcio e do magnésio em profundidade, encontrando valores de 0,66 e 0,25 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, respectivamente para cálcio e magnésio (0-5 cm) e valores de 0,24 e 0,14 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ para os mesmos elementos na maior profundidade (5-25 cm).

À semelhança do observado para o cálcio, não houve diferença significativa dos teores de magnésio no solo de 0-5 cm entre as duas espécies, classificados como médios (COMISSÃO, 2004), e o mesmo foi observado para os teores de magnésio no solo de 0-20 cm entre as duas espécies, classificados como baixos (COMISSÃO, 2004). Nas duas espécies trabalhadas houve diferença significativa entre os teores de magnésio apresentados nas camadas 0-5 cm e 0-20 cm do solo. Observou-se que o magnésio teve a mesma tendência de decréscimo em profundidade observada para o cálcio, porém a diferença nos teores de magnésio entre as profundidades foi maior quando comparada às diferenças observadas no cálcio, representando aproximadamente um decréscimo nos teores de magnésio de 50% e 60% para *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea* respectivamente em profundidade, enquanto que o cálcio apresentou decréscimo de aproximadamente 15% e 20% para *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea* respectivamente. Entretanto, o observado para os teores de magnésio pode ser

explicado pela lixiviação decorrente da solubilização do magnésio das folhas e caule por ácidos orgânicos (fenólicos, acéticos e benzenocarboxílicos) (SANTOS et. al., 1981), lavagem do elemento de partes vivas da planta ou ainda, resultado da água da chuva contendo magnésio. Brites (1994) analisando os teores de nutrientes na água da chuva em região costeira do Paraná, encontrou alto teor de magnésio na água da chuva, sendo um indicativo da influência do oceano. Tavares et. al. (1983) analisando a água da chuva em Ubatuba no litoral Paulistano, verificaram que o oceano era a principal fonte de magnésio. O magnésio é um elemento relativamente móvel podendo estar se comportando como o potássio, fósforo e nitrogênio e, portanto sua concentração na camada 0-5 cm é devido à decomposição da matéria orgânica, não se acumulando de forma expressiva na serapilheira.

Não foi verificada diferença significativa entre os teores de alumínio apresentados nas camadas 0-5 cm e 0-20 cm do solo sob as duas espécies, entretanto a menor concentração de alumínio na superfície pode ser justificada pela complexação do elemento pela matéria orgânica, uma vez que um dos mecanismos responsáveis pela queda do alumínio na superfície do solo é a presença de matéria orgânica que promove a complexação do alumínio por compostos orgânicos (PAVINATO & ROSOLEM, 2008). Não houve diferença significativa dos teores de alumínio para nenhuma das profundidades investigadas entre as duas espécies.

Das análises de variância realizadas constatou-se que o pH CaCl_2 apresentou interação significativa. No entanto, essa interação é de difícil explicação biológica, tendo em vista que as espécies não crescem na mesma parcela em mistura, mas sim, apresentam comportamento distinto sob o mesmo ambiente. Sob a espécie *Rapanea ferruginea* houve diferença significativa entre os valores de pH CaCl_2 apresentados nas camadas 0-5 cm e 0-20 cm do solo, porém não houve diferença significativa sob a espécie *Inga edulis*. As diferenças foram significativas estatisticamente, mas biologicamente não representam um quadro diferenciado.

Verificou-se diferença significativa dos valores de pH CaCl_2 no solo de 0-20 cm entre as duas espécies, porém não se verificou diferença significativa na profundidade do solo de 0-5 cm. Os valores de cada amostra apresentaram-se bastante homogêneos e a diferença estatística pode ter sido proveniente de uma pequena variação nos dados, uma vez que o coeficiente de variação destes foi considerado baixo, sendo menor que 2% (coeficiente de variação inferior a 10%). Os valores de pH foram maiores em profundidade, comportamento já verificado em trabalhos precedentes, pois na superfície ocorre maior extrusão de prótons com conseqüente redução do pH do solo. Corroborando com os valores encontrados por Demattê & Demattê (1993) em solos da região Amazônica (pH na faixa de 3,5 a 4,5), Mafra

et. al. (2008) em solos de Mata de Araucária em Santa Catarina (pH em torno de 4,0) e Gama-Rodrigues et. al. (2008) em solos sob diferentes espécies arbóreas (pH na faixa de 4,3 a 5,2). De acordo com Raij et. al. (1987) pH abaixo de 4,3 representam 38% dos valores encontrados para pH nos solos de São Paulo. Por outro lado, os valores de pH encontrados podem estar relacionados com a lixiviação ou absorção dos elementos pela vegetação, ou ainda pela liberação de ácidos orgânicos durante a decomposição da serapilheira (ALEXANDER & CRESSE, 1995). A liberação dos ácidos orgânicos, poderia complexar o alumínio, impedindo sua hidrólise e posterior liberação de prótons, o que a princípio contradiz o acima exposto, tendo em vista que os teores do elemento diminuíram na superfície. A neutralização do alumínio pela matéria orgânica foi comprovada por MIYAZAWA (1992). É preciso considerar adicionalmente que esta interpretação aparentemente paradoxal não é definitiva, tendo em vista o pouco tempo de acompanhamento da evolução do experimento.

Sob ambas as espécies trabalhadas houve diferença significativa entre os valores de H+Al apresentados nas camadas 0-5 cm e 0-20 cm do solo, podendo ser o pH mais baixo na superfície o responsável pela diferença entre as profundidades. Analisando as duas profundidades, os valores de H+Al encontrados, quando comparados com os valores de alumínio demonstram que a acidez trocável foi constituída principalmente por H⁺. Abreu Jr, et. al. (2003) relacionando a acidez e propriedades químicas de solos brasileiros verificaram que em amostras com pH inferior a 5,6 a contribuição de H⁺ foi altamente significativa, representando 50% ou mais de acidez trocável titulada em grande parte de suas amostras. Não houve diferença significativa dos valores de H+Al para nenhuma das profundidades investigadas entre as duas espécies. Valores semelhantes aos verificados na profundidade de 0-20 cm deste trabalho foram encontrados por Gama-Rodrigues et. al. (2008) (6,20 a 8,80 cmol/ dm³).

5.1.2 Folha e litter

Conforme descrito nas Tabelas 3 e 4, realizou-se análise de variância dos elementos das folhas e litter e das análises realizadas constatou-se que os elementos fósforo, potássio e magnésio apresentaram interação significativa. Este resultado dá indícios que as espécies apresentam comportamento distinto sob o mesmo ambiente, uma vez que não crescem na mesma parcela em mistura.

TABELA 3: TEORES MÉDIOS DE N, C, Ca E Al ENCONTRADOS NO SOLO SOB *Inga edulis* E *Rapanea ferruginea*.

Nitrogênio g/kg	Litter	Folha	Média
<i>Rapanea ferruginea</i>	13,3 aA	25,8 aB	19,5 a
<i>Inga edulis</i>	19,0 bA	31,8 bB	25,4 b
Média	16,1 A	28,8 B	
Carbono (%)	Litter	Folha	Média
<i>Inga edulis</i>	43,18 aA	48,86 aB	46,02 a
<i>Rapanea ferruginea</i>	48,62 bA	49,66 aA	49,14 a
Média	45,90 A	49,26 A	
Cálcio (g/Kg)	Folha	Litter	Média
<i>Rapanea ferruginea</i>	2,90 aA	10,10 aB	6,50 a
<i>Inga edulis</i>	6,09 bA	10,48 aB	8,29 b
Média	4,50 A	10,29 B	
Alumínio (mg/Kg)	Folha	Litter	média
<i>Rapanea ferruginea</i>	237,65 aA	311,07aA	274,36 a
<i>Inga edulis</i>	259,90 aA	363,85 aB	311,88 a
Média	248,77 A	337,46 B	

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem entre si ao nível de significância de 5%.

TABELA 4: INTERAÇÃO ENTRE OS TEORES MÉDIOS DE P, K E Mg EXISTENTES NAS FOLHAS E NO LITTER DE *Inga edulis* E *Rapanea ferruginea*.

Fósforo (g/Kg)	Litter	Folha	Média
<i>Inga edulis</i>	0,81 aA	1,74 aB	1,27 a
<i>Rapanea ferruginea</i>	0,79 aA	2,00 bB	1,40 b
Média	0,80 A	1,87 B	
Potássio (g/Kg)	Litter	Folha	Média
<i>Inga edulis</i>	1,31 aA	5,53 aB	3,42 a
<i>Rapanea ferruginea</i>	3,07 aA	18,15 bB	10,61 b
Média	2,19 A	11,84 B	
Magnésio (g/Kg)	Folha	Litter	Média
<i>Rapanea ferruginea</i>	0,59 aA	1,30 aB	0,94 a
<i>Inga edulis</i>	1,09 bA	1,36 aA	1,23 b
Média	0,84 A	1,33 B	

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical, diferem entre si ao nível de significância de 5%.

Os teores de nitrogênio verificados entre a folha e litter das duas espécies trabalhadas apresentaram diferença significativa. A diminuição no teor de nitrogênio no litter quando comparado ao teor na folha é devido à mobilidade deste elemento, uma vez que antes da abscisão foliar o nitrogênio é redistribuído, havendo retenção de no máximo 40% e 49% do nitrogênio na planta para *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea*, respectivamente. Isto porque, não se pode afirmar que a diferença se deva exclusivamente à redistribuição, podendo estar

inclusos, lavagem das folhas e/ou lixiviação. A espécie *Inga edulis* apresentou os maiores valores de nitrogênio nas folhas e no litter, conferindo diferença significativa dos teores de nitrogênio no litter entre as duas espécies, e diferença significativa nos teores de nitrogênio na folha entre as duas espécies. Felseburgh (2006) analisando nitrogênio total foliar em floresta primária e manejada na Amazônia Central, verificou correlação positiva entre a área foliar e teor de nitrogênio foliar no gênero *Inga*, justificando os maiores valores encontrados neste trabalho, uma vez que a espécie *Inga edulis* apresenta folhas maiores quando comparada às folhas da espécie *Rapanea ferruginea*. Isto poder ser constatado na Tabela 5, onde os dados de concentração foliar foram convertidos em conteúdo de nutrientes em 100 folhas. Os conteúdos de nitrogênio em 100 folhas de *Inga edulis* superam os conteúdos em 100 folhas da *Rapanea ferruginea*, na ordem de 8,6 vezes.

TABELA 5: CONTEÚDO DE NUTRIENTES EM 100 FOLHAS (g/Kg).

Espécie	Conteúdo N	Conteúdo C	Conteúdo P	Conteúdo K	Conteúdo Ca	Conteúdo Mg
<i>Rapanea ferruginea</i>	0,31	0,060	0,024	0,22	0,035	0,0071
<i>Inga edulis</i>	2,66	0,410	0,145	0,45	0,518	0,0924

Os valores encontrados (31,8 e 25,8 g/Kg para *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea*, respectivamente) estão acima dos valores reportados em outras espécies arbóreas por Vital et. al. (2004) (21,6 g/Kg), Costa et. al. (2004) (14,9 - 20,6 g/Kg) e Britez et. al. (1997) (10,8 - 14,4) para espécies da Floresta Estacional Semidecidual, de um fragmento da Mata Atlântica e florestas em planícies costeiras da Mata Atlântica, respectivamente. Porém, em espécies leguminosas como a *Inga edulis*, é comum encontrar altos teores de nitrogênio nas folhas frescas, podendo ser reflexo da alta eficiência em fixar nitrogênio atmosférico, como indicam diversos autores que encontraram valores semelhantes aos verificados neste trabalho (PARROTA, 1999; SEMWAL et. al., 2003 e JARAMILLO-BOTERO, 2008). O alto teor de nitrogênio foliar encontrado pode ser ainda reflexo da pouca idade da planta, uma vez que Teixeira (2003) sugere que o alto teor de nitrogênio tende a diminuir com o crescimento da mesma.

Constatou-se diferença significativa entre os teores de carbono apresentados na folha e litter da espécie *Inga edulis*, entretanto esta diferença não foi observada na folha e litter de *Rapanea ferruginea*. Com base nos dados de carbono e nitrogênio das folhas e litter, fica evidente que apesar de não haver diferença significativa entre os teores de carbono das folhas

das duas espécies, esta diferença é observada no litter. No entanto pode-se supor que a atividade biológica sob o *Inga edulis* é maior, propiciando maior evolução de CO₂ para a atmosfera. Esta maior evolução do CO₂ promove a maior perda relativa do carbono, podendo reforçar a justificativa dos maiores valores de nitrogênio e fósforo encontrados.

Foi verificada diferença significativa entre os teores de fósforo apresentados na folha e litter das duas espécies trabalhadas. Igualmente observado com o elemento nitrogênio, a diminuição no teor de fósforo no litter quando comparado ao teor nas folhas é devido também à alta mobilidade deste elemento, uma vez que antes da abscisão foliar o fósforo é redistribuído, havendo retenção de no máximo 54% e 60% do fósforo na planta para *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea*, respectivamente, valendo a mesma consideração feita para o nitrogênio, quanto a perdas por lixiviação e/ou lavagem.

Não foi verificada diferença significativa dos teores de fósforo no litter entre as duas espécies, no entanto houve diferença significativa dos teores de fósforo na folha entre as duas espécies. Apesar de o valor de fósforo no solo sob a espécie *Rapanea ferruginea* ter sido significativamente menor quando comparado ao valor de fósforo no solo sob a espécie *Inga edulis*, ainda o teor no solo é considerado muito alto e a espécie *Rapanea ferruginea* apresentou maior valor de fósforo foliar, podendo estar associada à característica da própria espécie, parecendo ser mais exigente. No entanto, quando os dados são transformados para conteúdo por 100 folhas, verifica-se que o conteúdo não segue a mesma tendência (TABELA 5). Além disso, considerando que o porte da copa da espécie *Inga edulis* é mais robusta que a da espécie *Rapanea ferruginea*, a *Inga edulis* requer maior quantidade de fósforo para manter suas atividades nutricionais. Em uma análise superficial de eficiência, a espécie *Inga edulis* aparenta ser mais eficiente no uso do fósforo (TABELA 6). Os valores de fósforo encontrados nas folhas de *Inga edulis* conferem com valores médios reportados por Araújo (1992) para plantas do gênero *Inga* em matas mesófilas semidecíduas em Minas Gerais.

TABELA 6: EFICIÊNCIA NUTRICIONAL: PRODUÇÃO DE BIOMASSA (g) COM O CONTEÚDO EM 100 FOLHAS.

Espécie	Diâmetro (cm)	Peso de 100 folhas	Eficiência N	Eficiência C	Eficiência P	Eficiência K	Eficiência Ca	Eficiência Mg
<i>Rapanea ferruginea</i>	9,47	12,91	39,30	201,41	507,83	56,93	413,07	1813,99
<i>Inga edulis</i>	10,37	85,02	31,53	204,68	578,45	185,51	182,39	977,10

Os teores de potássio entre folha e litter das duas espécies trabalhadas apresentaram

diferença significativa. O menor teor de potássio observado no litter pode ser justificado pela lavagem que o elemento pode sofrer pela água da chuva ou pela redistribuição antes da abscisão foliar. Não houve diferença significativa dos teores de potássio no litter entre as duas espécies, porém há expressiva diferença nos teores de potássio nas folhas entre as duas espécies. Os valores de potássio encontrados nas folhas de *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea* conferem com valores médios reportados por Araújo (1992) para plantas do gênero *Inga* e plantas da espécie *Rapanea guianensis*, respectivamente em matas mesófilas semidecíduas em Minas Gerais.

Também observado com o elemento nitrogênio e fósforo, o potássio é um elemento com grande mobilidade e antes da abscisão foliar o elemento é redistribuído, havendo retenção de no máximo 75% e 83% do potássio na planta para *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea*, respectivamente. Segundo Gerloff & Gabelman (1983), a capacidade de uma planta redistribuir os elementos minerais de um órgão senescente caracteriza eficiência de uso no metabolismo do processo de crescimento. Portanto, a espécie *Rapanea ferruginea* apresentou indícios de maior eficiência em manter o potássio de seus órgãos aéreos. A princípio a retenção de potássio na espécie *Rapanea ferruginea* é maior, dando a entender que a espécie redistribui o elemento com maior eficiência antes da abscisão foliar. Contudo, considerando que aparentemente a folha da espécie *Inga edulis* decompõe mais rapidamente, o valor de retenção nas folhas desta espécie pode estar sendo subestimado, uma vez que o elemento pode ter sido lavado e/ou lixiviado do litter com maior rapidez quando comparado ao litter da espécie *Rapanea ferruginea*. Este fato requer comprovação através de um monitoramento por litter bags.

Sacramento & Rosolem (1998) analisando a eficiência de absorção e utilização de potássio em soja, verificaram que alguns cultivares tiveram maior eficiência de absorção em situação de carência ou suficiência de potássio. Eles justificam tal fato pela possível eficiência fisiológica relacionada ao maior número de sítios de absorção de potássio. O maior teor de potássio encontrado nas folhas da espécie *Rapanea ferruginea* pode ser ainda resultado de uma maior eficiência de absorção do elemento ou ainda, maior eficiência de conversão do elemento, entretanto uma análise superficial de eficiência de conversão indicou que a espécie *Inga edulis* foi mais eficiente que a espécie *Rapanea ferruginea* na produção de biomassa (TABELA 6).

Folhas medianas representam locais com maior fotossíntese e por isso necessitam de mais potássio para possibilitar a ativação enzimática ou para garantir a abertura dos estômatos a fim de maximizar a entrada de CO₂ (SACRAMENTO & ROSOLEM, 1998). É

questionável se a espécie *Rapanea ferruginea* requer mais potássio por ter suas folhas mais expostas à luz uma vez que sua copa é menos densa que a copa da espécie *Inga edulis*.

Verificou-se diferença significativa entre os teores de cálcio apresentados na folha e litter das duas espécies. O aumento nas concentrações de cálcio no litter quando comparado às concentrações nas folhas é justificado pelo seu acúmulo nas folhas mortas, por sua baixa mobilidade e a não redistribuição antes da abscisão foliar (Larcher, 1986). Como observado para o elemento potássio, foi observada diferença significativa dos teores de cálcio no litter entre as duas espécies, entretanto houve diferença dos teores de cálcio na folha entre as duas espécies. Os valores de cálcio encontrados nas folhas de *Inga edulis* conferem com valores médios reportados por Araújo (1992) para plantas do gênero *Inga* em matas mesófilas semidecíduas em Minas Gerais, estando também em conformidade com os teores reportados na maioria das espécies arbóreas em florestas tropicais por outros autores (PROTIL, 2006; BOEGER et. al., 2005; BRITZ et. al., 1997 e VITOUSEK & SANFORD, 1987), porém o teor encontrado nas folhas da *Rapanea ferruginea* está abaixo dos teores reportados por estes autores. Estes baixos teores foliares de cálcio podem ser resultado de uma possível restrição das plantas em absorver o cálcio do solo, uma vez que o solo também apresenta teores baixos de cálcio. Araújo (1992) estudando espécies arbóreas em Matas mesófilas semidecíduas, encontrou valores inferiores de cálcio foliar em espécies sob solo ácido e com baixa concentração de cálcio, enquanto que em solos menos ácidos e com maior concentração de cálcio, as espécies apresentaram teores foliares maiores. Porém, em leguminosas, como a *Inga edulis*, é comum encontrar altas concentrações de cálcio, pois o elemento é necessário para a nodulação (FERNANDES, 2006).

Os teores de magnésio entre a folha e litter de *Rapanea ferruginea* apresentou diferença significativa, porém a diferença não foi observada entre os teores de magnésio apresentados na folha e litter da espécie *Inga edulis*. Como observado para o elemento cálcio, não foi observada diferença significativa dos teores de magnésio no litter entre as duas espécies, entretanto a diferença significativa dos teores de magnésio na folha entre as duas espécies ficou evidente. A elevada variabilidade encontrada na concentração de magnésio nas folhas pode estar associada aos diferentes níveis de degradação do pigmento de clorofila, assim como sua retranslocação no momento da senescência e abscisão, uma vez que este elemento é constituinte da molécula da clorofila, apresentando alto percentual (70 % ou mais) livremente difusível no citoplasma celular (Marschner, 1995). Apesar do magnésio apresentar mobilidade média, esta não se manifestou em favor de menores teores no litter.

Os valores de magnésio encontrados nas folhas de *Inga edulis* conferem com valores

médios reportados por Araújo (1992) para plantas do gênero *Inga* em matas mesófilas semidecíduas em Minas Gerais. Contudo, o teor de magnésio nas folhas das duas espécies apresentou-se inferior aos teores reportados na maioria das espécies arbóreas em florestas tropicais por outros autores (PROTIL, 2006; BOEGER et. al., 2005; VITAL et. al., 2004; BRITTEZ et. al., 1997 e VITOUSEK & SANFORD, 1987). Este aspecto é intrigante já que os teores nos solos estudados neste trabalho são considerados médios. Principalmente tendo em vista que muitos dos solos onde estes últimos autores trabalharam são bastante pobres.

O alumínio não é considerado um nutriente sendo, no entanto um elemento importante a ser considerado em solos ácidos. Na espécie *Rapanea ferruginea* não houve diferença significativa entre os teores de alumínio apresentados na folha e litter, porém houve diferença significativa entre os teores de alumínio apresentados na folha e litter da espécie *Inga edulis*. Medeiros (1983) observou que em plantas do cerrado, há aquelas que acumulam teores de alumínio superiores a 1000 mg/kg em suas folhas, sendo classificadas como acumuladoras de alumínio, e há aquelas classificadas como não acumuladoras de alumínio quando a concentração do elemento nas folhas é inferior a 1000 mg/kg. Por conseguinte, pode-se inferir que *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea* são espécies não acumuladoras de alumínio podendo, no entanto serem plantas tolerantes e, o baixo teor encontrado nas folhas pode ser um reflexo do baixo teor detectado no solo. Não houve diferença significativa dos teores de alumínio no litter entre as duas espécies, o mesmo observado nos teores de alumínio na folha entre as duas espécies.

5.2 EFICIÊNCIA NUTRICIONAL COM BASE NO PESO DE 100 FOLHAS

A eficiência nutricional de espécies arbóreas é definida de diferentes formas por alguns autores, contudo é unânime que os componentes mais comuns da eficiência são a absorção e a utilização de nutrientes para a produção de biomassa (FAGERIA, 1998), sendo uma espécie eficiente aquela capaz de elaborar o máximo de biomassa por nutriente absorvido (CALDEIRA et. al., 2004). Diante disto, se objetivou confirmar os resultados da eficiência nutricional obtida pela divisão dos dados de peso de 100 folhas pelos dados de conteúdo do nutriente em 100 folhas (TABELA 6) simulando o conteúdo necessário do nutriente para produzir o peso equivalente de 100 folhas produzido pela outra espécie (TABELA 7).

TABELA 7: EFICIÊNCIA NUTRICIONAL: COMPARAÇÃO ENTRE AS ESPÉCIES *Inga*

edulis E *Rapanea ferruginea* NA PRODUÇÃO DE BIOMASSA (g) COM O CONTEÚDO EM 100 FOLHAS.

Espécie	Elemento	12,91 (peso de 100 folhas de <i>Rapanea ferruginea</i>)	85,02 (peso de 100 folhas de <i>Inga edulis</i>)
		Conteúdo (g)	
<i>Rapanea ferruginea</i>	nitrogênio	0,313	2,040
<i>Inga edulis</i>		0,400	2,659
<i>Rapanea ferruginea</i>	carbono	0,060	0,390
<i>Inga edulis</i>		0,062	0,410
<i>Rapanea ferruginea</i>	fósforo	0,024	0,160
<i>Inga edulis</i>		0,022	0,145
<i>Rapanea ferruginea</i>	potássio	0,221	1,450
<i>Inga edulis</i>		0,068	0,455
<i>Rapanea ferruginea</i>	cálcio	0,035	0,230
<i>Inga edulis</i>		0,079	0,518
<i>Rapanea ferruginea</i>	magnésio	0,007	0,047
<i>Inga edulis</i>		0,014	0,092

Confirmando os resultados verificados na tabela 6, pudemos observar na tabela 7 que a eficiência de utilização dos nutrientes para produção de biomassa (peso de 100 folhas) sofreu variação em função da espécie. A espécie *Inga edulis* apresentou indícios de maior tendência de eficiência que a espécie *Rapanea ferruginea* na utilização dos elementos fósforo e potássio para a produção de biomassa, ou seja, enquanto *Rapanea ferruginea* utilizou 0,024 g de fósforo para produzir 12,91g de biomassa, *Inga edulis* utilizaria 0,022g do elemento para produzir a mesma quantidade de biomassa. E enquanto *Inga edulis* utilizou 0,145 g de fósforo para produzir 85,02g de biomassa, *Rapanea ferruginea* utilizaria 0,160g do elemento para produzir a mesma quantidade de biomassa. Igualmente verificado para o elemento potássio, onde a espécie *Rapanea ferruginea* utilizou 0,221g de potássio para produzir 12,91g de biomassa e *Inga edulis* utilizaria 0,068g do elemento para produzir a mesma quantidade de biomassa. E *Inga edulis* utilizou 0,455g de potássio para produzir 85,02g de biomassa e *Rapanea ferruginea* utilizaria 1,450g do elemento para produzir a mesma quantidade de biomassa.

A espécie *Rapanea ferruginea* apresentou indícios de maior tendência de eficiência de utilização dos elementos nitrogênio, carbono, cálcio e magnésio para produção de biomassa foliar que a *Inga edulis*, seguindo a mesma lógica de produção discutida no parágrafo acima. O nitrogênio apresentou valores de eficiência de uso relativamente baixos quando comparado aos valores dos outros nutrientes, isto pode ocorrer uma vez que o

elemento apresenta altos teores nas folhas verdes e possui grande retranslocação interna (CALDEIRA et. al., 2002).

6 CONCLUSÃO

Com base nos dados apresentados neste estudo pode-se concluir que:

Os valores de nitrogênio, carbono, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e H+Al decrescem em profundidade no solo sob as espécies *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea*.

Os valores de alumínio e pH CaCl₂ crescem em profundidade no solo sob as espécies *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea*.

Não houve diferença significativa nos valores de nitrogênio, carbono, potássio, cálcio, magnésio, alumínio e H+Al entre os solos sob as espécies *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea*.

Houve diferença significativa nos valores de fósforo e pH CaCl₂ entre os solos sob as espécies *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea*.

Os teores de nitrogênio, carbono, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e alumínio são maiores nas folhas quando comparados aos teores no litter das espécies *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea*.

A espécie *Inga edulis* apresentou maiores teores foliares de nitrogênio, cálcio e magnésio e *Rapanea ferruginea* apresentou maiores teores foliares de fósforo e potássio.

A espécie *Inga edulis* apresentou maiores teores no litter de nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio e alumínio e *Rapanea ferruginea* apresentou maiores teores no litter de carbono e potássio.

A espécie *Inga edulis* apresentou indícios de maior tendência de eficiência de utilização dos elementos fósforo e potássio para a produção de biomassa e a espécie *Rapanea ferruginea* apresentou indícios de maior tendência de eficiência de utilização dos elementos nitrogênio, carbono, cálcio e magnésio para produção de biomassa foliar.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Anteriormente à implantação do experimento – em 2004 – a área era ocupada por gramíneas, remanescente do uso do local para pastagem. A gramínea foi suprimida totalmente sob a espécie *Inga edulis* e parcialmente sob a espécie *Rapanea ferruginea* e sua decomposição pode ter contribuído para os teores encontrados no solo de matéria orgânica, relação C/N e demais elementos e atributos estudados. Contudo, não podemos quantificar a representatividade da contribuição, uma vez que não tivemos uma parcela testemunha implantada anteriormente à implantação do experimento.

Partindo deste princípio, não foi observada diferença entre os solos sob as espécies *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea*, com relação ao teor de matéria orgânica, relação C/N, H+Al, aos elementos nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e alumínio. Entretanto, o solo sob as espécies apontou diferenças no teor de fósforo à 0-5 cm de profundidade e pH CaCl₂ à 0-20 cm de profundidade.

O fósforo foi o elemento que se destacou, uma vez que foram observados teores muito altos do elemento no solo sob as duas espécies. Contudo, verificou-se maior teor de fósforo no solo sob *Inga edulis* à 5 cm de profundidade quando comparado com o solo sob a espécie *Rapanea ferruginea* na mesma profundidade. Em partes, esta diferença pode ser explicada pela presença de exudatos que facilitam a solubilização do fósforo. No solo sob *Inga edulis* pode ter ocorrido maior solubilização do fósforo por exudatos radiculares, corroborando com resultados obtidos por Ae et al (1990) que observaram que alguns gêneros de Ingá podem produzir ácidos orgânicos que aumentam a disponibilidade de fósforo de fonte de baixa solubilidade.

A diferença verificada nos valores de pH CaCl₂ no solo de 0-20 cm entre as duas espécies, pode ter sido proveniente de uma pequena variação dos dados, uma vez que o coeficiente de variação destes foi considerado muito baixo. As espécies parecem não ter contribuído para modificações no solo com relação ao teor de alumínio, que não apresentou variações.

Os solos sob ambas as espécies na profundidade de 0-5 cm apresentaram altos teores de potássio, porém houve baixa contribuição em termos de litter. Estes altos valores podem ter sido devido ao elevado grau de lixiviação e/ou lavagem que o elemento sofre, tanto de órgãos vivos quanto de órgãos mortos da planta ou ainda, ser resultado de resquícios da decomposição das gramíneas.

O teor de magnésio nos solos sob as duas espécies decresceu em profundidade e este

fato pode ser resultado da lixiviação decorrente da solubilização do magnésio das folhas e caule por ácidos orgânicos, lavagem do elemento de partes vivas da planta ou ainda, resultado da água da chuva contendo magnésio. Brites (1994) encontrou alto teor de magnésio na água da chuva, sendo um indicativo da influência do oceano.

As espécies trabalhadas apresentaram algumas variações quanto aos teores de nutrientes nas folhas e no litter, podendo ser resultado de características fisiológicas e genéticas da própria espécie. É importante ressaltar que as plantas contribuíram de maneira diferenciada com relação à ciclagem de nutrientes, fato verificado pela maior contribuição de nitrogênio pelo litter depositado sobre o solo sob *Inga edulis* e carbono pelo litter depositado sobre o solo sob *Rapanea ferruginea*. A ciclagem diferenciada também foi verificada pelo maior teor foliar de fósforo e potássio em *Rapanea ferruginea* e de nitrogênio, cálcio e magnésio em *Inga edulis*.

Apesar dos maiores teores de fósforo e potássio nas folhas de *Rapanea ferruginea*, a espécie apresentou indícios de menor eficiência no uso destes elementos para a produção de biomassa, e os maiores teores de nitrogênio, cálcio e magnésio em *Inga edulis*, não a colocam à frente da *Rapanea ferruginea* com relação à eficiência de produção de biomassa.

Os teores foliares de nutrientes indicam que as espécies *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea* apresentam estratégias diferenciadas quanto à eficiência de utilização dos nutrientes. O maior teor foliar numa espécie não a define como a mais eficiente em seu uso e consequentemente, maior eficiência na recuperação de ambientes degradados por pastagens.

Visualmente, a espécie *Inga edulis* conseguiu suprimir a gramínea com maior eficiência, pois foi verificado o desaparecimento das braquiárias ali anteriormente existentes, pela grande quantidade de biomassa depositada no solo sob a espécie. No entanto, analisando-se sob o ponto de vista de regeneração da Floresta pode-se inferir que o banco de sementes presente no solo sob *Inga edulis* terá dificuldade em germinar, uma vez que a espécie cobre o solo totalmente, não permitindo entrada de luz, entre outros fatores.

Diferentemente desta situação, a *Rapanea ferruginea* produziu menor quantidade de biomassa e não cobriu totalmente o solo, eliminando considerável quantidade da gramínea, mas permitindo ainda o desenvolvimento de espécies de trapoeraba. O uso das espécies *Inga edulis* e *Rapanea ferruginea* em programas de recomposição de áreas alteradas pode ser comprovado por outros estudos subsequentes que testem plantios heterogêneos de espécies arbóreas nativas, com variadas produções de biomassa, a fim de encontrar equilíbrio na entrada de luz e outros fatores que permitam a germinação do banco de sementes presente no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU Jr., C. H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A. F. **Relationship between acidity and chemical properties of Brazilian soils.** Sci. agric. (Piracicaba, Braz.) v.60 n.2 Piracicaba 2003.

AE, N.; ARIHARA, J.; OKADA, K.; YOSHIHARA, T.; JOHANSEN, C. **Phosphorus uptake by pigeon pea and its role in cropping systems of the Indian subcontinent.** Science, Washington, v. 248, p. 477-480, 1990

ALEXANDER, C. E. & CRESSE, M. S. **An assessment of the possible impact of expansion of native woodland cover on the chemistry of Scottish freshwaters.** Forest Ecology and Management, v.73, n.1, p.1-27, 1995.

ANDRADE, A. C. S. DE; RAMOS, F. N.; SOUZA, A. F. DE; LOUREIRO, M. B.; BASTOS, R. **Flooding effects in seedlings of *Cytherexylum myrianthum* Cham. and *Genipa americana* L.: responses of two neotropical lowland tree species.** Rev. bras. Bot. v.22 n.2 São Paulo-SP out. 1999.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. DE S. **Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG.** Rev. Árvore v.27 n.5 Viçosa-MG set./out. 2003.

ARAÚJO, G. M. DE. **Comparação da estrutura e do teor de nutrientes nos solos e nas folhas de espécies arbóreas de suas matas mesófilas semidecíduas no triângulo mineiro.** Tese (doutorado) – Ecologia - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1992. 159p.

ARCO-VERDE, M. F. **Sustentabilidade biofísica e socioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Brasileira.** Tese (Doutorado) – Ciências Florestais - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008. 188p.

BERNOUX, M.; FEIGL, B. J.; CERRI, C. C.; GERALDES, A. P. A.; FERNANDES, S. A. P. **Carbono e nitrogênio em solo de uma cronossequência de floresta tropical - pastagem**

de Paragominas. Sci. agric. v.56 n.4 Piracicaba out./dez. 1999.

BOEGER, M. R. T.; WISNIEWSKI, C.; REISSMANN, C> B.. **Nutrientes foliares de espécies arbóreas de três estádios sucessionais de floresta ombrófila densa no sul do Brasil.** Acta Bot. Bras. vol.19 no.1 São Paulo Jan./Mar. 2005.

BRAGA, A. J. T.; GRIFFITH, J. J.; PAIVA, H. N. de.; SILVA, F. C. de.; CORTE, V. B.; NETO, J. A. A. M.. **Enriquecimento do sistema solo-serapilheira com espécies arbóreas aptas para recuperação de áreas degradadas.** Rev. Árvore v.31 n.6 Viçosa nov./dez. 2007.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos.** 7. ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1989. 898 p.

BRITEZ, R. M. DE. **Ciclagem de nutrientes minerais em duas florestas da Planície Litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR.** Dissertação (Mestrado) – Ciências do Solo - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1994. 240p.

BRITEZ, R. M.; REISSMANN, C. B.; SILVA, S. M.; ATHAYDE, S. F.; LIMA, R. X. B. & DE QUADROS, R. M.. **Chemical characterization of two forests on the coastal plains of the Ilha do Mel, Paraná, Brazil.** Developments in Plants and Soil Sciences 78: 461-462. 1997.

CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO R. M.; SCHUMACHER, M. V.. **Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australianas de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.).** Revista Árvore, Viçosa, v.26, n.5, p.615-620, 2002.

CALDEIRA, M. V. W.; RONDON NETO, R. M.; SCHUMACHER, M. V.. **Eficiência do uso de micronutrientes e sódio em três procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.).** Revista Árvore, Viçosa, v.28, n.1, p.39-47, 2004.

CASTRO, C. R. T. DE & CARVALHO, M. M.. **Florescimento de gramíneas forrageiras cultivadas sob luminosidade reduzida.** Cienc. Rural v.30 n.1 Santa Maria jan./mar. 2000.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO. **Manual de adubação e de**

calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400 p.

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; SPAGNOLLO, E.. **Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados.** Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.29 no.5 Viçosa Sept./Oct. 2005.

COSTA, G. S.; FRANCO, A. A.; DAMASCENO, R. N.; FARIA, S. M.. **Aporte de nutrientes pela serapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas.** Rev. Bras. Ciênc. Solo v.28 n.5 Viçosa-MG set./out. 2004.

CORRÊA, D. R.. **Horizontes orgânicos sob floresta ombrófila densa no litoral Paranaense.** Dissertação (Mestrado) – Ciências do Solo - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007. 89p.

CRUSCIOL, C. A. C. & BORGHI, E.. **Consórcio de milho com braquiária: produção de forragem e palhada para o plantio direto.** Revista Plantio Direto, edição 100, julho/agosto de 2007. Aldeia Norte Editora, Passo Fundo, RS.

CURCIO, G. R.; SOUZA, L. P. DE; BONNET, A.; BARDDAL, M. L.. **Recomendação de espécies arbóreas nativas, por tipo de solo, para recuperação ambiental das margens da represa do Rio Iraí, Pinhais, PR.** Rev. Floresta v.37 n. 1 Curitiba-PR jan./abr. 2007.

DANIEL, O.; COUTO, L.; SILVA, E.; PASSOS, C. A. M.; GARCIA, R.; JUCKSCH, I.. **Proposta de um conjunto mínimo de indicadores biofísicos para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas agroflorestais.** Rev. Cerne v.7 n.1 Lavras-MG 2001.

DE SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.; MACEDO, R. L. G. DE; ALVARENGA, M. I. N.; SILVA, V. F. DA. **Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia.** Rev. Cerne v.7 n.2 Lavras-MG, 2001.

DEMATTE, J. L. I.; DEMATTÊ, J. A. M.. **Comparações entre as propriedades químicas de solos das regiões da floresta Amazônica e do cerrado do Brasil Central.** Sci. agric.

(Piracicaba, Braz.) vol.50 no.2 Piracicaba, 1993.

DICKOW, K. M. C.; MARQUES, R.; PINTO, C. B.. **Lixiviação de nutrientes da serapilheira recém-depositada em sucessão ecológica na floresta Atlântica, litoral do Paraná.** FLORESTA, Curitiba, PR, v. 39, n. 1, p. 145-156, jan./mar. 2009.

ELLIOT, S.; NAVAKITBUMRUNG, P.; KUARAK, C.; ZANGKUM, S.; ANUSARNSUNTHORN, V.; BLAKESLEY, D.. **Selecting framework tree species for restoring seasonally dry tropical forests in northern Thailand based on field performance.** Forest Ecology and Management, 184, p. 177-191. 2003.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 1997, 212 p.

ESPIG, S. A. **Distribuição de nutrientes em fragmento de Mata Atlântica em Pernambuco.** Dissertação (Mestrado) - Ciência do Solo. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2003. 52f.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** São Paulo: EDUSP, 1975. 341p.

EPSTEIN, E. & BLOOM, A. J.. **Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e perspectivas.** Editora Planta, Londrina, 2006, 403 p.

FACT Net. **Forest, Farm, and Community Tree Network** . Disponível em: <http://www.winrock.org/silvicultura/factnet.htm>. Acesso em 27 ago. 2008.

FAGERIA, N. F.. **Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.2, n.1, p.6-16, 1998.

FELFILI, J. M.; HILGBERT, L. F.; FRANCO, A. C.; SOUSA-SILVA, J. C.; RESENDE, A. V.; NOGUEIRA, M. V. P.. **Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro.** Rev. bras. Bot. v.22 n.2 São Paulo-SP out. 1999.

FELSEMBURGH, C. A.. **Nitrogênio total em folhas e sua relação com o incremento em biomassa de florestas primária e manejada na Amazônia Central.** Dissertação (mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – INPA/Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2006. 56 f.

FERNANDES, L. A. et al. **Propriedades químicas e bioquímicas de solos sob vegetação de mata e campos cerrado adjacentes.** Ciência e Agrotecnologia, v. 21, n. 1, p. 58-70, 1997.

FERREIRA, R. L. C.; LIRA JUNIOR, M. A.; ROCHA, M. S.; SANTOS, M. V. F.; LIRA M. A.; BARRETO, L. P.. **Deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.).** Rev. Árvore v.31 n.1 Viçosa jan./fev. 2007a.

FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R.. **Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na Usina Hidrelétrica de Camargos, MG.** Rev. Árvore v.31 n.1 Viçosa-MG jan./fev. 2007b.

FERRETI, A. R. & BRITZ, R. M. **A restauração da Floresta Atlântica no litoral do estado do Paraná: os trabalhos da SPVS.** In: GALVÃO, A. P. M., PORFÍRIO-DASILVA. **Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso.** Colombo: Embrapa Florestas, 2005. p. 87-102.

FERRI, M. G.. **Fisiologia Vegetal, Vol. 1 e 2.** São Paulo: EPU/EDUSP, 1979.

FRANCO, A. A.. **Fixação biológica do nitrogênio na agricultura tropical.** In: ALVAREZ, V. H.; FONTES, L. E.; FONTES, M. P., eds. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado.** Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p.505-523.

FRANKEN, W., LEOPOLDO, P. R., BERGAMIN FILHO, H.. **Nutrient flow through natural waters in "terra firme" forest in central amazon.** Workshop on biogeochemistry of tropical rain forest: problems for research. São Paulo, 1985. p.29-37.

GAMA-RODRIGUES, A.C. & BARROS, N.F.. **Ciclagem de nutrientes em floresta natural e em plantios de eucalipto e de dandá no sudeste da Bahia, Brasil.** Ver. *Árvore*, v.26, n.2, p.193-207, Viçosa, 2002.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; SANTOS, M. L.. **Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia.** Rev. Bras. Ciênc. Solo v.27 n.6 Viçosa nov./dez. 2003.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.. **Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas vegetais.** Rev. Bras. Ciênc. Solo v.21 n.6 Viçosa nov./dez. 1997.

GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; PAULINO, G. M.; FRANCO, A. A.. **Atributos químicos e microbianos de solos sob diferentes coberturas vegetais no norte do Estado do Rio de Janeiro.** Rev. Bras. Ciênc. Solo vol.32 no.4 Viçosa July/Aug. 2008.

GERLOFF, G. C. & GABELMAN, W. H.. **Genetics basis of inorganic plant nutrition.** In: LAUCHLI, A.; BIELESKI, R. L.. **Inorganic plant nutrition.** New York, Springer-Verlag, 1983. p.453-480.

GOLLEY, F. B.. **Nutrient cycling and nutrient conservation.** In: GOLLEY, F. B. **Tropical Rainforest Ecosystem: structure and function.** 2. ed. Amsterdam: Elsevier Science B. V., 1996. p. 137-156.

GOMEZ-POMPA, A. & VAZQUES-YANES, C.. **Successional studies of a rainforest in Mexico.** In: WEST, D. C.; SCHUGART, H. H.; BOTKIN, D. B.. **Forest succession: concepts and application.** Springer-Verlag: New York. 1981. p. 246-266.

GRACE, J. C.; COOK, D. A.; LANE, P. M.. **Modelling canopy photosynthesis in *Pinus radiata* stands.** New Zeal. J. For. Sci. 17, p.210-228. 1987.

GUILHERME, F. A. G.. **Efeito da cobertura de dossel na densidade e estatura de**

gramíneas e da regeneração natural de plantas lenhosas em mata de galeria, Brasília-DF. Rev. Cerne v.6 n.1 2000.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Zoneamento da Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba.** Curitiba: IPARDES. 2001.

JARAMILLO-BOTERO, C.; SANTOS, R. H. S.; FARDIM, M. P.; PONTES, T. M.; SARMIENTO, F.. **Produção de serapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais.** Rev. Árvore vol.32 no.5 Viçosa Sept./Oct. 2008.

JONES, R. E.; WISHNIE, M. H.; DEAGO, J.; SAUTU, A.; CEREZO, A.. **Facilitating natural regeneration in *Saccharum spontaneum* (L.) grasslands within the Panama Canal Watershed: effects of tree species and tree structure on vegetation recruitment patterns.** Forest Ecology and Management, 191, p. 171-181. 2004.

JOHNSON, J. F.; VANCE, C. P.; ALLAN, D. L.. **Phosphorus Deficiency in *Lupinus albus*: Altered lateral Root Development and Enhanced Expression of Phosphoenolpyruvate Carboxylase.** Plant Physiol 1996. 112: 31-41

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

JUNG-MENDOÇOLLI, S. L.. **Myrsinaceae.** In: WANDERLEY, M. G. L.; SHEPHERD, G. J.; GIULIETTI, A. M.; MELHEM, T. S.; BITTRICH, V.; KAMEYAMA, C.. (eds). Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo. Vol. 4. São Paulo: Fapesp, Rima, 2005.

KÖNIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; SELING, I.. **Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria-RS.** Rev. Árvore v.26 n.4, Viçosa-MG, jul./ago. 2002.

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

LARCHER, W.. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1986. 319 p.

LENZA, E. & KLINK, C. A.. **Comportamento fenológico de espécies lenhosas em um cerrado sentido restrito de Brasília, DF**. Rev. bras. Bot. v.29 n.4 São Paulo out./dez. 2006.

LIMA, V. C. **Fundamentos de pedologia**. Curitiba; UFPR/Setor de C. Agrárias/ Depto. de Solos e Engenharia Agrícola, 2004. 233p.

LORENZI, H.. **Árvores brasileiras/ Harri Lorenzi**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 1992 - 352p.

LORENZI, H.. 1949. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil/ Harri Lorenzi**. 2. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002.

MACEDO, A. C.. **Revegetação de matas ciliares e de proteção ambiental**. São Paulo-SP, 1993 - 30p.

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

MAJER, J. D., 1989. In: WILLIAMS, D. D.; BUGIN, A.; REIS, J. L. B. C.. Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração: Técnicas de Revegetação. MINTER / IBAMA, Brasília: 96 p, 1990.

MALAVOLTA, E.. **Absorção e transporte de íons e nutrição mineral**. In: FERRI, M. G.. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1979. v. 1, p. 77-113.

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

MARENCO, R. A. & LOPES, N. F.. **Fisiologia Vegetal: Fotossíntese, respiração, relações**

hídricas e nutrição mineral. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 451p.

MARSCHNER, H.. **Mineral nutrition of higher plants.** London, Academic Press. 1990. 674p.

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

MARTINS, A. P. L.; REISSMANN, C. B.. **Material vegetal e as rotinas laboratoriais nos procedimentos químicos-analíticos.** Scientia Agrária v.8 (1) p. 1-17. 2007.

MARTINS, C. R.; LEITE, L. L.; HARIDASAN, M.. **Capim - gordura (*Melinis minutiflora* P. Beauv.), uma gramínea exótica que compromete a recuperação de áreas degradadas em unidades de conservação.** Rev. Árvore v.28 n.5 Viçosa-MG set./out. 2004.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R.. **Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP.** Rev. Bras. Bot. v.22 n.3 São Paulo-SP dez. 1999.

MEDEIROS, R. A. **Comparação do estado nutricional de algumas espécies acumuladoras e não acumuladoras de alumínio nativas do cerrado.** Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade de Brasília, Brasília, 1983. 91p.

MENDES F., P. F.. **Potencial de reabilitação do solo de uma área degradada, através da revegetação e do manejo microbiano.** Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004. 89p.

MENGEL, K. & KIRKBY, E. A.. **Principles of plant nutrition.** Bern, International Potash Institute, 1987. 687p.

MIYAZAWA, M.; CHIERICE, G.O. & PAVAN, M.A. **Amenização da toxicidade de alumínio às raízes do trigo pela complexação com ácidos orgânicos.** R. Bras. Ci. Solo, 16:209-215, 1992.

MMA, 2004. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/sbf/pnf/n2dados.html>> Acesso em: 07 out. 2004.

MONTEIRO, H. C. F.; CANTARUTTI, R. B.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M.. **Dinâmica de Decomposição e Mineralização de Nitrogênio em Função da Qualidade de Resíduos de Gramíneas e Leguminosas Forrageiras**. R. Bras. Zootec. v.31 n.3 Viçosa jun. 2002.

NASCIMENTO, S. M.. **Distribuição, exportação e ciclagem de nutrientes minerais em Cupiúva (*Tapirira guianensis* Aubl.), em um fragmento manejado de Mata Atlântica no município de Goiana – PE**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Ciência Florestal. Recife, 2006. 99 f.

NEVES, E. J. M; REISSMANN, C. B.; FERREIRA, C. A.; BELLOTE, A. F. J. & DÜNISCH, O.. **Nutritional status of *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn and *Virola surinamensis* (Rol.) Warb growing on poor soils in the Brazilian Amazon Region**. Pp. 71-77. In: J. BAUCH; O. DÜNISCH & L. GASPARATTO (eds.). Investigations on tree species suitable for the recultivation of degraded land areas in central Amazonia. Hamburg, Mitteilungen der Dbundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft. 1999.

OLIVEIRA, DE L.. **Recuperação do solo em povoamentos florestais em área de exploração de areia no município de Tremembé – SP**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Taubaté. Taubaté, 2007. 79p.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.. **Estudos ecológicos da vegetação como subsídios para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica**. Rev. Cerne v.1 n.1 Lavras-MG 1994.

PARROTTA, J. A.. **Productivity, nutrient cycling, and succession in single- and mix-species plantations of *Casuarina equisetifolia*, *Eucalyptus robusta*, and *Leucaena leucocephala* in Puerto Rico**. Forest Ecology and Management, v.124, n.1, p.45-77, 1999.

PAVINATO, P. S. & ROSOLEM, C. A.. **Disponibilidade de nutrientes no solo - decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais**. Rev. Bras. Ciênc. Solo v.32 n.3 Viçosa maio/jun. 2008.

PEREZ-MARIN, A. M. & MENEZES, R. S. C.. **Ciclagem de nutrientes via precipitação pluvial total, interna e escoamento pelo tronco em sistema agroflorestal com *Gliricidia sepium***. Rev. Bras. Ciênc. Solo v.32 n.6 Viçosa nov./dez. 2008.

PINHEIRO, A. L. & CARMO, A. P. T. DO. **Contribuição ao estudo tecnológico da Canela-azeitona, *Rapanea ferruginea* (Ruiz e Pav.) Mez, uma espécie pioneira. I. Características anatômicas da madeira**. Ci. Flor., Santa Maria, v.3, n.1, p. 121-145, 1993.

PINHEIRO, K. A. O.; CARVALHO, J. O. P. DE; QUANZ, B.; FRANCEZ, L. M. DE B.; SCHWARTZ, G.. **Fitossociologia de uma área de preservação permanente no leste da Amazônia: indicação de espécies para recuperação de áreas alteradas**. Rev. Floresta v.37 n.2 Curitiba-PR mai./ago. 2007.

PIVELLO V.R.. **Invasões Biológicas no Cerrado Brasileiro: Efeitos da Introdução de Espécies Exóticas sobre a Biodiversidade**. Ecologia. INFO 33, São Paulo, 2008. Disponível em <http://www.ecologia.info/cerrado.htm>. Acesso em 28 ago. 2008.

POGGIANI, F.. **Ciclagem de nutrientes e manutenção da produtividade da floresta plantada**. In: PENEDO, W. R. (Ed), Gaseificação da madeira e carvão vegetal. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de MG. / CETEC., 1981. 1v. (Série de Publicações Técnicas, v.4).

PRITCHETT, W. L.. **Properties and management of forest soils**. New York, John Wiley, 1979, p.189-208.

PROTIL, C. Z.. **Contribuição de quatro espécies arbóreas ao ciclo biogeoquímico em Floresta Atlântica na Planície Litorânea do Paraná**. Tese (Doutorado Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 128p.

RAIJ, B. V.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M. E.; LOPES, A. S.; BATAGLIA, O. C.. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

RANGEL, M. S.; CALEGARIO, N.; MELLO, A. A. DE; LEMOS, P. C.. **Melhoria na precisão da prescrição de manejo para floresta natural**. Rev. Cerne v.12 n.2 Lavras-MG abr./jun. 2006.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E.. **Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 24, p. 589-597, 2000.

ROCHA, A. A.. **Deposição de fitomassa e nutrientes, acumulação e decomposição de serapilheira em três tipologias da Floresta Atlântica, Paranaguá, PR**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. 113p.

RODRIGUES, L. C. M.; CHIG, L. A.; SELVA, E. C; NOVAES FILHO, J. P.; TOMAZY, M.; COUTO, E. G. ; LEHMANN, J.; E JOHNSON, M. S.. **Dinâmica do potássio em profundidade em solos sob vegetação de floresta tropical no município de Juruena, MT**. 56ª Reunião Anual da SBPC, Cuiabá – MT, 2004.

SACRAMENTO, L. V. S DO & ROSOLEM, C. A.. **Eficiência de absorção e utilização de potássio por plantas de soja em solução nutritiva**. Bragantia vol. 57 n. 2 Campinas 1998.

SANTOS, A.; RIBEIRO, M. N.; RIBEIRO, J. S.; BRINGEL, S. R.. **Hidroquímica da Amazônia Central III. Química da água de lavagem da floresta no ecossistema Campina Amazônica (Stemflow)**. Acta Amazônica, v. 11, n. 2, p. 335-346, 1981.

SCHREINER, H. G.. **Tolerância de quatro gramíneas forrageiras a diferentes graus de sombreamento**. Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 15, p.61-72, dez. 1987.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; RODRIGUES, L. M.; SANTOS, E. M. DOS. **Retorno de nutrientes via deposição de serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) no Estado do Rio Grande do Sul**. Rev. Árvore v.27 n.6 Viçosa-MG nov./dez. 2003.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; HERNADES, J. I.; KÖNIG, F. G.. **Produção de**

serapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no município de Pinhal Grande-RS. Rev. Árvore v.28 n.1 Viçosa jan./fev. 2004.

SCHUMACHER, M. V. & POGGIANI, F.. **Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucaliptus camaldulenssi* Dehnh, *Eucaliptus grandis* Hill x Maiden e *Eucaliptus torelliana* F. Muell, plantados em Anhembi, SP. Ci. Flor., Santa Maria, v.3, n.1, p.21-34, 1993.**

SEHWAL, R. L. et al. **Leaf litter decomposition and nutrient release patterns of six multipurpose tree species of central Himalaya, India. Biomass and Bioenergy, v.24, n.1, p.3-11, 2003.**

SOCIEDADE DE PESQUISA EM VIDA SELVAGEM E EDUCAÇÃO AMBIENTAL. **Levantamento de Solos: Reserva Natural Serra do Itaquí. Relatório técnico. Curitiba, 2002. 157 p.**

SOS Mata Atlântica / INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE, 2002. **Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica - período 1995-2000. Relatório final, 43p.**

SOUZA, E. D.. **Evolução da matéria orgânica, do fósforo e da agregação do solo em sistema de integração agricultura-pecuária em plantio direto, submetido a intensidades de pastejo. Tese (Doutorado em Ciência do solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós Graduação em Ciência do solo. Porto Alegre, 2008. 182 f.**

SOUZA, J. A. & DAVIDE, A. C.. **Deposição de serapilheira e nutrientes em uma mata não minerada e em plantações de Eucalipto (*Eucalyptus saligna*) e Bracatinga (*Mimosa scabrella*) em áreas degradadas por mineração. Rev. Cerne v.7 n.1 Lavras-MG, 2001.**

SOUZA, P. A. DE, VENTURIN, N., GRIFFITH, J. J., MARTINS, S. V.. **Avaliação do banco de sementes contido na serapilheira de um fragmento florestal visando recuperação de áreas degradadas. Cerne, Lavras, v. 12, n. 1, p. 56-67, jan./mar. 2006.**

SOUZA, L. P. DE, CURCIO, G. R., DEDECEK, R. A., WENDLING, I.. **Avaliação do crescimento de 12 espécies arbóreas nativas em área degradada às margens de rodovia**

(BR - 277 - PR). Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG.

SPOSITO, G.. **The chemistry of soils**. New York, Oxford University Press, 1989. 304p.

SWITZER, G. & NELSON, L. E.. **Maintenance of productivity under short rotations**. In: PAO-IUFRO INTERNATIONAL SYMP. FOREST FERTILIZATION. Anais. Paris, 1973.

SWITZER, G. & NELSON, L. E.. **Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.)**. **Plantation Ecosystems: the first twenty years**. Soil Science Society of America Proceeding, v. 36, p. 143-147, 1972.

TAVARES, M. F.; VIEIRA, B. M.; MOREIRA-NORDEMANN, L. M.. **Análise química de íons em águas de chuva de regiões naturais: correlações com aerossóis atmosféricos**. In: Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos 5, Blumenau. Anais. Florianópolis ABHRH 3:351-76. 1983.

TEIXEIRA, L.M.. **Influência da intensidade de exploração seletiva de madeira no crescimento e respiração do tecido lenhoso das árvores em uma floresta tropical de terra firme na região de Manaus**. Dissertação (mestrado), INPA/UA. Manaus, 2003. 71p.

TERESCZUCH, S. M.; MAC DONAGH, P. M.; OLIVEIRA, A. J. DE; RIVERO, L. E.; BULFE, N. M. L.. **Predicción de la estructura diamétrica de espécies comerciales de um bosque subtropical por medio de matrices de transición**. Rev. Floresta v.37 n.1 Curitiba-PR jan./abr. 2007.

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**. Rev. Árvore v.28 n.6 Viçosa nov./dez. 2004.

VITOUSEK, P. M. & SANFORD, R. L. Jr.. **Nutrient cycling in moist tropical forest**. Ann. Rev. Ecol. Syst.17:137-67. 1986.

VITTI, G. C.; LIMA, E. & CICARONE, F.. **Cálcio, magnésio e enxofre**. In: FERNANDES,

M. S. ed. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.299-325.