ESTUDO COMPARATIVO DA CICLAGEM DE NUTRIENTES EM
POVOAMENTOS PUROS E MISTOS DE
Pinus caribaea MOR. VAR. *hondurensis* BAR. ET GOLF E
Liquidambar styraciflua L.

ROSANI FRANCO DE FARIA NOVAES
ENGENHEIRA FLORESTAL

Orientador: PROF. DR. FABIO POGGIANI LCF

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À ESCOLA
SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE
QUEIROZ", DA UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO, PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM ENGENHARIA FLORESTAL.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Junho, 1987

Aos meus pais, pela dedicação e incentivo constante.

Ao meu esposo Gilson, companheiro de todas as horas.

Ao Eduardo e à Gisane, dādivas divinas de amor e esperança.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Fábio Poggiani, meu orientador, pelas sugestões e pelo apoio incansável, fundamentais para a realização deste trabalho.

À Companhia Agro-Florestal Monte Alegre (CAFMA), na pessoa de seu Diretor, Engº Florestal Francisco Bertolani, pelo apoio dado à pesquisa e ajuda prestada, na coleta do material.

À Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP), pelas bolsas concedidas, no período de março de 1981 a fevereiro de 1983.

A todos aqueles que me auxiliaram nas coletas de campo e aos colegas e estagiários, pela ajuda nas análises de laboratório.

À minha amiga e cunhada, Geni Novaes Bortolucci, pela revisão e datilografia da Dissertação.

A todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a realização deste trabalho.

A Autora

SUMÁRIO

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1. A consorciação de espécies florestais ..	6
2.2. Ciclagem de nutrientes em florestas	12
2.2.1. Deposição de folhedo	15
2.2.2. Retorno de nutrientes minerais através da queda de folhedo	19
2.2.3. Retorno de nutrientes minerais via água da chuva	21
2.2.4. Acúmulo e decomposição da serapi- lheira	28
2.2.5. Decomposição da serapilheira e o seu reflexo sobre o solo	38
3. METODOLOGIA	40
3.1. Características das espécies estudadas .	40
3.1.1. <i>Liquidambar styraciflua</i> L.	40
3.1.2. <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> .	43
3.2. Características da área experimental ...	46
3.2.1. Localização, clima e solo	46
3.2.2. Histórico e caracterização dos ta- lhões estudados	48
3.3. Métodos	55
3.3.1. Estimativa da deposição de folhe- do	55

3.3.2. Análises químicas das folhas	57
3.3.3. Estimativa da quantidade de nutrien tes minerais no folheto	58
3.3.4. Estimativa da interceptação e da quantidade da água da chuva e de PI	58
3.3.5. Estudo da qualidade da água	60
3.3.5.1. Aspectos físicos	60
3.3.5.2. Estimativa da quantidade de macronutrientes na água da chuva e de PI ...	61
3.3.6. Estimativa da velocidade de decom- posição do folheto acumulado	62
3.3.7. Determinação de algumas caracterís- ticas do solo superficial sobre os diferentes talhões florestais.....	65
4. RESULTADOS	67
4.1. Nutrientes depositados através da queda do folheto	67
4.1.1. Deposição de folheto	67
4.1.2. Concentração de nutrientes no fo- lheto depositado	79
4.1.3. Nutrientes depositados	86
4.2. Nutrientes depositados através da água da chuva e da água de precipitação inter- na	86

4.2.1. Interceptação das copas e conteúdo de K e Mg na água de PI e na água da chuva coletada a céu aberto	88
4.2.2. Características físicas da água de precipitação interna e da água da chuva	94
4.3. Concentração de nutrientes no folheto acumulado	95
4.4. Estimativa da velocidade de decomposição das serapilheiras	96
4.5. Análise física e química do solo sob os talhões experimentais	101
5. DISCUSSÃO	104
5.1. Deposição de nutrientes através do folheto	104
5.2. Deposição de nutrientes através da água de precipitação interna	111
5.3. Decomposição do folheto	113
5.4. Reflexo da cobertura vegetal sobre as características do solo	117
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
APÊNDICE	133

ESTUDO COMPARATIVO DA CICLAGEM DE NUTRIENTES EM
POVOAMENTOS PUROS E MISTOS DE
Pinus caribaea MOR. VAR. *hondurensis* BAR. ET GOLF E
Liquidambar styraciflua L.

AUTORA: ROSANI FRANCO DE FARIA NOVAES

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido em plantações florestais localizadas nas dependências da Companhia Agro-Florestal Monte Alegre (CAFMA), no município de Agudos, localizado no interior do Estado de São Paulo, de outubro de 1980 a setembro de 1982. Foram utilizados três tipos de plantações florestais: dois talhões puros da espécie *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis*, dois talhões puros da espécie *Liquidambar styraciflua* L., latifoliada, e dois talhões mistos, com ambas as espécies citadas, plantadas na proporção 1:1. O objetivo principal foi avaliar os efeitos da consorciação de uma espécie folhosa com uma conífera na melhoria de aspectos ecológicos, principalmente na aceleração da taxa de decomposição das acículas do pinheiro. Após dois anos de observações, foram obtidos os seguintes valores para deposição anual média nos diferentes povoamentos: *Pinus* 4.690,8 kg/ha de folheto contendo 20,67 kg de N, 1,54 kg de P, 9,22 kg de K, 11,20 kg de Ca e

2,73 kg de Mg; *Liquidambar* (puro) 5.821,8 kg/ha de folheto, contendo 43,50 kg de N, 2,74 kg de P, 8,72 kg de K, 39,32 kg de Ca e 15,54 kg de Mg; povoamento misto 5.961,7 kg/ha de folheto, contendo 37,36 kg de N, 3,20 kg de P, 9,70 kg de K, 32,87 kg de Ca e 11,37 kg de Mg. A interceptação das copas e algumas características da água de precipitação interna foram estudadas durante um ano. Os resultados obtidos nos diferentes povoamentos foram, respectivamente, de 22,2%, 20,16% e 20,88% de interceptação no *Pinus*, no *Liquidambar* e no povoamento misto; as quantidades de nutrientes K e Mg contidas na água de precipitação interna em kg/ha/ano foram, respectivamente, de 14,6 e 2,6 no talhão de *Pinus*, 14,0 e 7,1 no talhão de *Liquidambar* e 12,9 e 3,9 no talhão misto, enquanto a água da chuva coletada a céu aberto continha 3,29 kg/ha de K e 2,49 kg/ha de Mg. A água coletada a céu aberto foi ligeiramente mais ácida em relação à água de precipitação interna, sendo que o povoamento de *Liquidambar* foi o que mais elevou os valores de pH, cor e alcalinidade. Quanto à taxa de decomposição, observou-se um efeito benéfico da consorciação, uma vez que, após 20 meses de decomposição, sem acréscimo de novo material, o folheto acumulado no talhão de *Pinus* correspondia a 52% do peso de seu material inicial, no talhão de *Liquidambar* a 32% e no talhão misto a 23%. A análise da camada superficial do solo mostrou uma tendência geral de aumento de carbono orgânico no talhão puro de *Liquidambar* e no talhão misto; entretanto, foi notado um teor significativamente mais elevado de cálcio na camada superficial do solo sob o talhão puro de *Pinus*.

COMPARATIVE STUDY OF NUTRIENT CYCLING IN
PURE AND MIXED STANDS OF
Pinus caribaea MOR. VAR. *hondurensis* BAR. ET GOLF E
Liquidambar styraciflua L.

AUTHOR: ROSANI FRANCO DE FARIA NOVAES

SUMMARY

The present work has been carried out from October 1980 through September 1982 on forest lands owned by Companhia Agro-Florestal Monte Alegre (CAFMA) located in Agudos, State of São Paulo, Brasil. Three types of forest plantations have been studied: two pure stands of *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis*, two stands of *Liquidambar styraciflua* and two stands with these two species mixed at 1:1 ratio. The main objective of the study was to evaluate the effects of mixed stand on ecological improvement and, particularly on the decomposition acceleration rate of pine needles caused by associating a broad-leafed species (*Liquidambar styraciflua*). After two years of studies, the annual mean of leaf-fall in *Pinus* pure stands was 4,690.8 kg/ha with 20.67 kg of N, 1.54 kg of P, 9.22 kg of K, 11.20 kg of Ca, and 2.73 kg of Mg; in *Liquidambar* pure stands was 5,821.8 kg/ha with 43.50 kg of N, 2.74 kg of P, 8.72 kg of K, 39.32 kg of Ca, and 15.54 kg of Mg; and in mixed stand 5,681.7 kg/ha with 37.36 kg of N, 3.20 kg of

P, 9.70 kg of K, 32.87 kg of Ca, and 11.37 kg of Mg. Canopy interception and some characteristics of throughfall have been studied during one year. The results of interception obtained in the different stands were as follows: 22.2% in *Pinus* stand, 20.16% in the *Liquidambar* stand and 20.88% in the mixed stand. The annual quantity of K and Mg inputs by throughfall were respectively: 14.6 and 2.6 kg/ha in the *Pinus* stand, 14.0 and 7.1 kg/ha in the *Liquidambar* stand and 12.9 and 3.9 kg/ha in the mixed stand, while rainwater collected in the open carried 3.3 kg/ha of K and 2.5 kg/ha of Mg. This rainwater collected in the open was slightly more acid when compared to through-fall and the *Liquidambar* stand has shown higher pH, color and alkalinity. It was also noted that the rate of litter decomposition in mixed stand was higher than the rates observed in pure stands. The analysis of the soil surface layer showed a general tendency of increasing organic carbon, in the *Liquidambar* and mixed stands; however it was noted a higher concentration of calcium in the soil under *Pinus* stand.

1. INTRODUÇÃO

Desde as eras primitivas, das florestas naturais, têm sido retirados produtos como madeira, frutos, sementes, óleos e essências. No entanto, a sociedade moderna, dada a sua dinâmica de desenvolvimento, tem exigido usos mais intensos e diversificados das florestas. Atualmente, os ecossistemas florestais são considerados, tanto pelos seus benefícios diretos, como pelos indiretos. O uso múltiplo das florestas tornou-se uma necessidade.

As florestas naturais, pelas suas características ecológicas, promovem uma maior estabilidade do ecossistema, o que proporciona, geralmente, uma melhoria na qualidade do solo, principalmente na camada superficial. Entretanto, o uso racional das florestas naturais, para a obtenção da matéria-prima para as indústrias, tornou-se inviável, devido, principalmente, a dois fatores: a grande distância das florestas naturais economicamente exploráveis dos centros de consumo e a falta de melhores estudos tecnológicos, visando a utilização de espécies florestais tropicais, de forma racional.

A alternativa encontrada para suprir, com matéria-prima adequada, às indústrias modernas e, ao mesmo tempo, preservar o remanescente da cobertura florestal ainda existente no País, foi a implantação de grandes áreas florestadas, utilizando-se espécies de rápido crescimento. Segundo REIS (1982), o total de área plantada até aquela data, através dos incentivos fiscais, estava ao redor de 4.500.000 ha, sendo que a região centro-oeste contava com mais de 500.000 ha reflorestados e a região sudoeste com 1.700.000 ha. As espécies mais utilizadas nos reflorestamentos pertenciam ao gênero *Eucalyptus* (55%) e *Pinus* (30%). As essências nativas perfaziam apenas 5% da área reflorestada. As florestas plantadas com eucalipto e pinheiros no Estado de São Paulo somavam 400.000 e 128.000 ha, respectivamente, enquanto coberturas florestais nativas somavam 2.070.000 ha, incluindo as áreas de preservação permanente (IBDF, 1984).

As florestas plantadas com espécies de rápido crescimento são vantajosas em relação às florestas nativas, devido à sua grande produtividade. Enquanto as plantações de *Eucalyptus*, quando bem manejadas, podem chegar a produzir cerca de 60m³ de madeira/ha/ano, num ciclo de corte aos sete anos de idade, as matas naturais fornecem, em média, 200 a 250m³ de madeira/ha, porém, num ciclo de regeneração de 80 a 100 anos. A grande produtividade das florestas plantadas reflete um trabalho intensivo de pesquisa que vem sendo realizado na área de sil-

vicicultura, manejo e melhoramento genético de espécies florestais.

Existe, no entanto, uma grande questão ainda não devidamente esclarecida: como manter uma alta produtividade das florestas plantadas por tempo indeterminado, sem causar um empobrecimento do sítio? Esta questão torna-se mais preocupante, considerando-se que a elevada produtividade de biomassa arbórea, tem permitido exploração sistemática, em ciclos de cortes cada vez menores. As alterações na ciclagem de nutrientes provocadas pela exportação intensiva de biomassa poderá causar, nestes ecossistemas, futuros problemas, como por exemplo, o esgotamento nutricional do solo, comprometendo a produtividade futura das plantações.

Nas regiões de cerrado brasileiro, e em outros locais, onde o solo apresenta baixa fertilidade, o plantio de pinheiros tropicais tem apresentado bons resultados de produtividade. No entanto, críticas constantes têm sido feitas ao plantio, em grande escala, de monoculturas de coníferas. Um dos principais problemas desses plantios seria a lenta decomposição das acículas, o que poderia acarretar alterações na ciclagem de nutrientes (POGGIANI, 1985).

O Departamento de Ciências Florestais da ESALQ, preocupado com esses aspectos, tem proposto formas alternativas de reflorestamento para atenuar os problemas

inerentes às monoculturas.

Dentro dessa perspectiva, surgiu o interesse por um estudo de ciclagem de nutrientes em talhões experimentais, onde se poderia avaliar o efeito de uma consorciação de duas espécies, uma conífera e outra folhosa, observando os seus reflexos sobre alguns aspectos do ciclo de nutrientes e a taxa de decomposição das acículas, que é geralmente lenta.

Nesse sentido, estudos foram realizados em talhões puros e mistos de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Liquidambar styraciflua*. Em resumo, pretendeu-se conhecer quais as consequências ecológicas de um plantio consorciado da *Liquidambar styraciflua* com uma espécie de pinheiro tropical, cuja produtividade e adaptação às condições de cerrado são consideradas desejáveis.

Os objetivos específicos desta pesquisa, basicamente, foram:

- a. Quantificar a devolução, ao solo, de nutrientes, através da queda de folhas caducas, em talhões puros e mistos de *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* e *Liquidambar styraciflua* L.
- b. Avaliar a influência da cobertura florestal, na interceptação da água da chuva, como também avaliar a alte-

rações nas características da água de precipitação interna.

- c. Determinar a taxa de decomposição do folheto, no piso florestal.
- d. Verificar as alterações provocadas pelas diferentes coberturas florestais, nas características da camada superficial do solo.

2. REVISAO DE LITERATURA

2.1. A consorciação de espécies florestais

As áreas de cerrado, no Brasil, somam aproximadamente 2 milhões de km^2 (25% do território nacional), e ocorrem desde o Paraná até a região da Amazônia. As árvores que se desenvolvem naturalmente nesses cerrados possuem características adaptativas às condições ecológicas do meio, não possuindo, entretanto, as condições básicas para uma utilização produtiva. As áreas de cerrado mais produtivas apresentam um incremento, em volume de madeira, não superior a $1\text{m}^3/\text{ha}/\text{ano}$. Uma alternativa para aumentar a produtividade seria, portanto, a implantação de vastas áreas de florestas com espécies arbóreas de rápido crescimento, o que permitiria o suprimento dos centros consumidores de madeira. Segundo LOPES (1983), essas terras de cerrado, pobres em nutrientes minerais disponíveis, prestam-se ao reflorestamento, e um dos gêneros mais importantes para esse fim é o *Pinus*, que possui espécies com baixa exigência nutricional e, por isso, se desenvolvem de modo satisfatório em áreas de baixa fertilidade natural. Entretanto, a implantação de extensas monoculturas florestais no cerrado, principalmente de pinheiros, provo-

ca alterações ecológicas que precisam ser urgentemente avaliadas (POGGIANI, 1985).

LEPSCH (1980), comparando solos cultivados com *Pinus*, há mais de 8 anos, e áreas adjacentes com vegetação natural de cerrado, observou que os primeiros apresentavam valores mais elevados de alumínio trocável e mais baixos valores de pH, não havendo diferenças nos teores de hidrogênio potencial.

LOPES (1980), após estudo sobre a influência do cultivo de *Pinus* sobre algumas características de um solo primitivamente sob vegetação de cerrado, em Assis (SP), concluiu não haver diferença significativa entre os talhões de *Pinus* e a área de cerrado adjacente, quanto à quantidade de manta orgânica formada. Porém, a mesma autora cita que a manta orgânica do cerrado apresentou teores mais elevados em N, K, Ca e Mg que a dos talhões de *Pinus elliottii*. Observou, também, que os pinheiros tendem a baixar o pH do solo, aumentando os teores de Al, H, C, P, Ca, soma de base, C.T.C. e relação C/N, não interferindo, no entanto, nos teores de N, K, Mg e saturação de bases.

Segundo OVINGTON (1965), geralmente a monocultura de coníferas, quando comparada com a de folhosa, causa um empobrecimento no solo, supostamente como resul-

tado do rápido crescimento e lenta decomposição das acículas. Porém, as mudanças no solo são complexas e não se deve condenar os plantios de coníferas em geral, recomendando-se universalmente folhosas. Ainda, segundo o mesmo autor, o maior acúmulo de serapilheira sob florestas de coníferas não seria devido à maior deposição, mas refletiria a maior resistência das acículas à decomposição biológica.

Considerando a importância econômica das plantações de *Pinus*, é primordial que se estudem alternativas ecológicas e silviculturais que possam minimizar o impacto destes cultivos sobre as propriedades do solo.

DRUMOND (1985) cita que os plantios mistos de espécies florestais surgem como uma alternativa válida para as áreas de reflorestamento, visto que poderiam proporcionar uma maior estabilidade no ecossistema, pela redução da competição intra-específica, bem como uma melhoria na qualidade da serapilheira e na ciclagem de nutrientes. Segundo o mesmo autor, os plantios mistos também oferecem uma maior opção de mercado, pelos diferentes tipos de madeiras produzidas. A integração pode ainda proporcionar benefícios mútuos, quando as espécies são corretamente consorciadas.

Segundo SCHLESINGER & WILLIAMS (1984), árvores de *Juglans nigra*, quando consorciadas com espécies fixadoras de nitrogênio (*Elaeagnus umbellata*, *Alnus glutinosa*, *Robinia pseudoacacia* e *Lespedeza striata*), tiveram um desenvolvimento significativamente maior. Os melhores resultados foram obtidos com o plantio misto de *J. nigra* com

E.umbellata. As árvores de *J. nigra*, consorciadas com esta espécie, aos 13 anos, apresentaram um diâmetro de até 351% superior em relação às árvores de *J. nigra* em plantios puros. Os referidos autores observaram, também, que as folhas de *J. nigra*, nos plantios consorciados, apresentaram-se mais verdes, após 8-10 anos. Além disso, observaram melhorias nas características fenológicas e ecológicas dos maciços, como por exemplo, o aumento na produção de sementes pelas copas e presença de um maior número de pássaros e outros animais de vida livre, que vinham se alimentar das sementes.

Todavia, a formação de florestas mistas necessita de conhecimentos prévios sobre as espécies a serem utilizadas. SHAPLAND (1974) recomenda o plantio de florestas mistas de folhosas com coníferas que, além das vantagens ecológicas, possam produzir renda mais cedo, diminuindo os custos de implantação ou produzindo madeira de melhor qualidade.

METZ (1954), após estudo da serapilheira de alguns povoamentos puros e mistos de coníferas e folhosas, observou que a mistura das espécies melhorou a distribuição da manta florestal, aumentando a disponibilidade de nutrientes em quantidade e qualidade, concorrendo para uma melhoria dos solos, maior infiltração das águas da chuva, e aparente diminuição do perigo de incêndios.

No entanto, McCLURKIN (1970), estudando três espécies de coníferas em talhões puros e mistos, plantados

em terras marginais no norte do Mississippi, observou que os plantios consorciados de *Juniperus virginiana* com *Pinus echinata* e *Pinus taeda* não apresentaram vantagens em relação aos plantios puros na melhoria das propriedades físicas e químicas do solo e da serapilheira.

A bibliografia existente sobre a consorciação de espécies florestais é escassa, porém, através dos trabalhos consultados, conclui-se que os resultados de consórcios com espécies florestais são, na maioria, positivos. Entretanto, somente são obtidos quando são conhecidas as exigências de cada espécie e as diferentes respostas, de acordo com as formas de consorciação.

Trabalhos realizados com a espécie *Liquidambar styraciflua*, na região de ocorrência natural, nos aspectos silviculturais e ecológicos, serão apresentados visando fornecer melhores subsídios ao entendimento da interação dessa espécie com o *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, em nossas condições ecológicas.

MILLER & JAQUES (1974), estudando a ocorrência natural da *Liquidambar styraciflua*, citam que a espécie ocorre em florestas onde predominam: *Quercus rubra*, *Carya tomentosa*, *Quercus palustris* e *Populus*. A espécie também ocorre, com menor frequência, em mais 24 outros tipos de florestas, inclusive entre os pinheiros da América Central. O sub-bosque nessas florestas é variável, sendo os gêneros de maior importância: *Cornus*, *Chionanthus*, *Crataegus*, *Juglans* e *Vitis*. A espécie *Liquidambar styraci-*

flua é classificada, segundo BROWN (1971), como pioneira, sendo que, às vezes, invade terras cultivadas e posteriormente abandonadas.

A *L.styraciflua* ocorre, segundo MILLER & JAKES (1974), nos EUA, debaixo das copas dos pinheiros, e quando estes são retirados, o liquidâmbar torna-se dominante. É uma espécie muito susceptível ao fogo, sendo, em algumas regiões, eliminada pelas queimadas. A espécie é altamente resistente a doenças e ataques de insetos.

Segundo BROWN (1971), ocasionalmente, as árvores de *Liquidambar styraciflua* sofrem uma mutação e adquirem uma forma anã, assumindo aspecto arbustivo. A base da planta jovem enche-se de ramos (que crescem, em 8 anos, apenas 10-15cm), formando uma rede. Em alguns casos, foi também observada a reversão para forma típica. Mecanismos fisiológicos estão envolvidos nessa reversão de forma, além dos fatores de crescimento e possível ação de inibidores.

Segundo DRUMOND (1985), a *Liquidambar styraciflua*, embora tenha sua ocorrência natural, principalmente nas regiões sub-tropicais, tem-se revelado muito promissora nos países tropicais. A sua excelente adaptabilidade tem sido revelada pelo ótimo crescimento e grande produção de biomassa. Os índices de produção de biomassa já conseguidos no Brasil, tanto em parcelas puras como em parcelas mistas, na proporção 1:1, são, em muito, superiores aos índices registrados nos Estados Unidos da América de 18 t/ha de biomassa lenhosa (HANSEN & BAKER, 1979).

2.2. Ciclagem de nutrientes em florestas

Um dos pontos básicos nos estudos de consorciação possivelmente é aquele relacionado com a interação de cada espécie arbórea no ciclo biogeoquímico da floresta.

O ciclo de nutrientes de um dado ecossistema consiste na movimentação de nutrientes entre seus compartimentos, e nas transferências entre o ecossistema em estudo e outros ecossistemas. Dois grandes ciclos estão presentes na movimentação de nutrientes na floresta: o ciclo geoquímico e o ciclo bioquímico.

O ciclo geoquímico envolve a transferência de elementos químicos para dentro e para fora do ecossistema florestal. Segundo PRITCHETT (1979) os nutrientes podem entrar na floresta, principalmente, através da precipitação pluviométrica, da poeira, do intemperismo da rocha matriz, da adubação mineral e também da fixação biológica, no caso do nitrogênio. Ainda segundo o mesmo autor, a saída dos nutrientes do ecossistema florestal pode ocorrer, por sua vez, através do escoamento superficial da água, da lixiviação profunda e através da volatilização (principalmente no caso de incêndios). De acordo com POGGIANI, COUTO & SIMÕES (1979), POGGIANI, REZENDE & SUITER FILHO (1983) no caso das florestas plantadas, geralmente o maior fluxo de nutrientes para fora do ecossistema ocorre em função da exploração da biomassa arbórea.

O ciclo biogeoquímico envolve a circulação de nutrientes entre o solo da floresta e as comunidade vegetal e animal, e compreende as etapas de absorção, retenção e restituição dos nutrientes (PRICHETT, 1979).

Dentro do ciclo biogeoquímico, o retorno de nutrientes ao solo constitui etapa de fundamental importância.

Baseado em diversos autores: CARPANEZZI (1980) o retorno de nutrientes ao solo é efetuado por cinco componentes: 1) a deposição do material orgânico; 2) lixiviação foliar ou das copas; 3) escoamento pelo tronco da água da chuva, 4) produção de exsudatos pelas raízes e 5) morte das raízes.

O material orgânico decíduo, formador da serapilheira, é o principal componente no retorno de nutrientes ao solo. Esse material decíduo é constituído por folhas, gravetos, ramos, caules, cascas, frutos, flores, partes vegetais não identificadas, cadáveres e dejetos de animais. De acordo com uma extensa revisão bibliográfica, feita sobre o assunto por BRAY & GOHRAM (1964), de maneira geral, as serapilheiras amostradas em diferentes florestas do mundo são compostas de 60 a 80% por folhas, de 1 a 15% por frutos, de 12 a 15% por ramos e de 1 a 25% por cascas de árvores.

Segundo diversos autores as folhas são os principais componentes da serapilheira, sendo responsáveis pela maior parcela da transferência de nutrientes da bio-

massa para o solo.

CARPANEZZI (1980), estudou a deposição de material orgânico e nutrientes em uma mata ciliar e num eucaliptal em Lençóis Paulista (SP) e, obteve um total de 10.503Kg/ha/ano de deposição na mata, sendo 65% desse total constituído por folhas, ao passo que na plantação de eucalipto a deposição foi de 7.600Kg/ha/ano com 62% desse constituído por folhas. O referido autor salienta que realmente as folhas formam a fração mais importante do material orgânico decíduo (cerca de 2/3). Essas folhas decíduas, em média, contêm nutrientes na sequência N Ca K K Mg P.

Segundo CURLIN (1970), os teores de N, P e K decrescem nas folhas em abscisão; o Ca tem imobilidade conhecida, porém, quanto ao Mg, as informações não são concordantes.

2.2.1. Deposição de folheto

A quantidade de material orgânico depositado ao longo de um ano, nos pisos florestais, está relacionada, principalmente, com as condições climáticas, sendo menor nas regiões frias e maior nas regiões equatoriais quentes e úmidas. Por exemplo, florestas situadas em regiões árticas ou alpinas, produzem, anualmente, cerca de uma tonelada de serapilheira por hectare, florestas temperadas frias 3,5 toneladas, florestas temperadas quentes 5,5 toneladas e florestas equatoriais cerca de 11 toneladas BRAY & GORHAM (1964).

Quanto à periodicidade da deposição, esta varia de espécie para espécie, nas regiões tropicais e subtropicais, sendo que os fatores climáticos influenciam significativamente este fenômeno. Nas florestas de regiões temperadas e frias, a chegada do outono é sempre o fenômeno que desencadeia o processo de derrubada total das folhas. HUBER & OYARZUN (1983), no Chile, estudaram as variações sazonais da deposição da serapilheira em uma floresta de *Pinus radiata*, de 26 anos, e obtiveram uma média de deposição de 3,91 t/ha/ano, sendo que as folhas contribuíram em 83,1% para esse total. A queda, segundo os autores, é diretamente determinada pela velocidade máxima do vento, pouco relacionada com a precipitação pluviométrica e, aparentemente, sem nenhum controle biológico.

De acordo com os estudos realizados através do IBP (International Biological Program) e publicados por COLE & HAPP (1981), as florestas de folhosas, tanto de clima tropical como temperado, depositam sempre uma quantidade maior de serapilheira em relação às florestas de coníferas, sendo que o conteúdo de nutrientes também é sempre mais elevado.

WELLS, WHIGHAN & LIETH (1972) estudaram a deposição de serapilheira em florestas de folhosas e de pinheiros, localizadas na Carolina do Norte (EUA), e verificaram que a deposição nas florestas de folhosas foi 25% maior do que nas florestas de pinheiros.

EGUNJOBI & BADA (1979) estudaram a movimentação dos nutrientes e o acúmulo de folheto em plantações de *Pinus caribaea* entre 7 e 10 anos, na Nigéria. Os autores estimaram uma deposição anual média de folheto de 5,7t em talhões desbastados e de 6,0t, em talhões não desbastados.

PETERSON *et alli* (1979) estudaram a queda de material orgânico e a decomposição em florestas mistas de terras baixas, em Illinois (EUA). A espécie *Liquidambar styraciflua*, nessa floresta, era dominante, perfazendo 58% da área basal. O autor assinalou uma deposição de 6.448kg/ha, sendo 58% constituída por folhas. Notou-se, nessa deposição, uma grande contribuição dos elementos reprodutivos (cerca de 20%), talvez devido à grande produção de frutos do liquidâmbar.

Nas florestas tropicais, ocorrem produções mais elevadas das serapilheiras, devido às condições climáticas mais favoráveis. GOLLEY *et alii* (1978), estudando a ciclagem de nutrientes numa floresta tropical úmida no Panamá, verificaram uma produção anual de 11.350 kg/ha.

Em relação à área de cerrado, existem alguns trabalhos efetuados quanto à deposição de folheto. PERES *et alii* (1983) analisaram, comparativamente, a produção de folheto, em áreas de cerradão e de cerrado, próximo a Brasília, registrando, respectivamente, uma deposição de 7.800 e 2.100 kg/ha/ano, sendo que a maior produção de folheto ocorreu na estação seca.

DELITTI (1984) analisou, comparativamente a ciclagem de nutrientes numa mata ciliar, num campo cerrado e numa plantação de *Pinus elliotti* var. *elliotti*, com 16 anos de idade, na região de Mogi-Guaçu (SP). Verificou que a produção anual da serapilheira foi mais elevada no pinheiral (7.065 kg/ha) do que na mata (6.687 kg/ha) e do que no cerrado (3.210 kg/ha). Todavia, a transferência de nutrientes, via folheto, foi mais elevada na mata ciliar do que no pinheiral, em virtude da maior concentração de elementos no material vegetal.

GARRIDO (1981) analisou, comparativamente, a deposição de folhas e nutrientes, em talhões coetâneos de espécies florestais nativas, e observou uma deposição em kg/ha/ano de cambará 4.751, angico 4.381, misto de todas as espécies 2.616, aroeira 2.298 e ipê-roxo 980.

PAGANO (1985), estudando a ciclagem de nutrientes em mata mesófila semidecídua, no município de Rio Claro (SP), assinalou uma elevada produção de folheto, para a latitude em que se encontra a mata. A média de deposição anual do folheto foi de $8.643,53 \pm 133,7$ kg/ha. A maior parte do folheto foi constituída por folhas, cuja produção obedeceu a um ritmo sazonal, onde a deposição foi mais intensa nos meses mais secos do ano.

POGGIANI (1985) estudou a deposição de folheto nos talhões de *Eucalyptus saligna*, de 7 anos de idade, localizados em Piracicaba (SP), e obteve uma deposição anual média de 4.490 kg/ha. O mesmo autor estudou também a deposição de material orgânico decíduo, em talhões de *Pinus caribaea* hond. *Pinus oocarpa*, entre 11 e 14 anos de idade, localizados em Agudos (SP), e, nesse caso, a deposição anual média foi de 8.373 kg/ha para o *Pinus caribaea* e de 7.131 kg/ha para o *Pinus oocarpa*.

A literatura sobre estudos de deposição de folheto é relativamente vasta. Os trabalhos foram realizados em vários locais, utilizando-se diferentes tipos de florestas. Os resultados de alguns desses trabalhos constam da tese de POGGIANI (1985).

2.2.2. Retorno de nutrientes minerais através da queda de folheto

As quantidades de nutrientes depositadas no solo, através do folheto, são resultado da produção de folheto e da concentração de nutrientes no mesmo. As coníferas, em zonas temperadas frias do Hemisfério Norte, apresentam, geralmente, uma deposição de nutrientes superior à das folhosas. Essa tendência, no entanto, não ocorre em todas as florestas.

WELLS & JORGENSEN (1979) estudaram a deposição de folheto, durante um período de 10 anos, numa plantação de *Pinus taeda*, no sul dos EUA, e registraram uma média anual de 4.500 kg/ha/ano, com as seguintes quantidades de nutrientes: 58,2 kg de N, 7,8 kg de P, 16,0 Kg de K, 29,2 Kg de Ca e 6,9 kg de Mg.

EGUNJOBI & BADA (1979) verificaram em plantações de *Pinus caribaea*, de 7 e 10 anos, na Nigéria, que houve uma deposição de 27 kg de N, 0,6 kg de P, 13 kg de K, 37 kg de Ca e 11 kg de Mg. Os autores salientam que não observaram uma variação significativa no teor de nutrientes no folheto, durante o período de observações.

VERSFELD (1981), estudando a deposição e a decomposição de acículas em florestas de *Pinus radiata* na África do Sul, obteve, respectivamente, os seguintes valores de concentração e quantidade de nutrientes (kg/ha) no material foliar decíduo: nitrogênio 0,66% e 17,4 kg; fós-

foro 0,03% e 0,92 kg; potássio 0,23% e 6,15 kg; cálcio 0,47% e 12,48 kg; magnésio 0,17% e 7,52 kg.

POGGIANI (1985) verificou que as plantações de pinheiros (*P. caribaea* e *P. oocarpa*) depositaram maiores quantidades de nitrogênio, quando comparadas com plantações de *E. saligna*. No entanto, o *E. saligna* depositou maior quantidade de cálcio e magnésio.

De maneira geral, as quantidades de nutrientes depositadas sobre o solo de florestas plantadas são inferiores às quantidades depositadas em florestas naturais. Esse fato pode ser explicado, além de outros fatores, pela menor exigência nutricional que caracteriza as espécies utilizadas para o reflorestamento. Além disto, as florestas naturais se desenvolvem, geralmente, sobre solos com bons níveis de fertilidade.

CARPANEZZI (1980), estudando a deposição de nutrientes em dois ecossistemas florestais, localizados em Lençóis Paulista (SP), obteve os seguintes resultados: na mata natural, a deposição de nutrientes (kg/ha) foi de 202,5 de N, 11,25 de P, 71,9 de K, 239,6 de Ca e 31,2 de Mg, enquanto que na plantação de *Eucalyptus saligna*, localizada num solo previamente coberto por cerrado, aos 5 anos de idade, a deposição em kg/ha foi da ordem de 39,7 de N, 2,89 de P, 11,1 de K, 34,8 de Ca e 15,5 de Mg.

DELITTI (1984) estudou a ciclagem de nutrientes em três ecossistemas localizados em Mogi-Guaçu (SP). A quantidade total de elementos transferida anualmente pa-

ra a superfície do solo, através da queda da serapilheira, foi da seguinte ordem (kg/ha/ano), na mata de galeria: N 107,4; P 4,7; K 29,3; Ca 51,6; Mg 17,2; no cerrado: N 42,6; P 2,0; K 9,5; Ca 19,6; Mg 5,8; na plantação de *Pinus elliottii*: N 37,3; P 1,1; K 3,1; Ca 24,3 e Mg 5,2.

2.2.3. Retorno de nutrientes minerais via água da chuva

Os nutrientes do solo provêm, basicamente, do intemperismo das rochas e da água das chuvas. Portanto, as chuvas constituem uma fonte importante de nutrientes para os ecossistemas.

Antes de atingir as copas das árvores, a água da chuva é contaminada por partículas atmosféricas de várias origens: oceânicas, terrestres, extraterrestres, de poluição, de combustíveis fósseis, vulcânicas, etc. No caso das florestas, além dos nutrientes já presentes na água da chuva, outros são acrescidos através da lavagem das copas, que acumulam partículas durante a estiagem. Outros nutrientes, ainda, são arrastados pela precipitação pluviométrica e devolvidos ao solo, dentro do ciclo biogeoquímico. Segundo muitos autores, estes metabólitos lábeis não devem ser considerados como adição de novo material, visto que

são retirados das folhas, durante a precipitação.

Os macronutrientes presentes na água da chuva possuem várias origens. A presença do Ca, por exemplo, é devida a poeiras e a fumaças industriais. Existe, também, variação temporal associada às atividades agrícolas, como as queimadas (COUTINHO, 1979). Assim como o cálcio, também o potássio, o fósforo e o sódio são originados da poeira, tanto a produzida pelo vento, como a induzida pelas atividades agrícolas de uso do solo.

A quantidade de nutrientes que entra no ecossistema pelas chuvas apresenta enorme variação local e temporal. A tabela 2 traz alguns dados de entrada de nutrientes, via precipitação, obtidos em diversos locais e em diferentes coberturas florestais.

KELMANN *et alii* (1982), estudando a quantidade de macronutrientes incorporados num ecossistema tropical, em Honduras, registraram um maior ingresso de todos os elementos no início da estação chuvosa. Através das observações realizadas, concluíram que as plantas que ocupam os solos tropicais inférteis podem ter sido selecionadas com base na sua capacidade de absorver, durante certo período, nutrientes vindos através da água da chuva.

O processo conhecido como lixiviação foliar é, basicamente, a interação da água da chuva com as copas das árvores. Essa lixiviação é, em geral, maior em espécies latifoliadas do que em coníferas. (LIMA, 1975).

Para os nutrientes que se encontram na forma iônica, como o potássio, o sódio, etc., a contribuição da lixiviação da copa, na movimentação destes elementos, é mais efetiva do que a própria deposição anual da serapilheira (EATON *et alii*, 1973; NISHIMURA, 1973). Segundo WELLS, WHIGHAN & LIETH (1972), numa floresta temperada de folhosas, a água de precipitação interna era responsável por 54,13% da deposição de potássio, enquanto que a queda do folheto representava apenas 43,86%.

Nas regiões tropicais, alguns tipos de florestas foram estudados quanto ao fluxo de nutrientes na precipitação interna, vide Tabela 2.

COLE (1981) discutiu as entradas de nutrientes para o ecossistema florestal, em relação à taxa de retirada de nutrientes do solo, em função do crescimento da floresta, admitindo que estas entradas desempenham importante papel na reposição de nutrientes exportados.

COUTINHO (1979) comentou, em seu trabalho, que a entrada de nutrientes pelas chuvas, em áreas de cerrado, representa 26% de fósforo, 14% de potássio, 40% de magnésio, 140% de cálcio, 652% de enxofre e 11,6% de sódio normalmente armazenados na biomassa epigéia do extrato herbáceo sub-arbustivo do cerrado, produzido em um ano.

Dentre os macronutrientes, o nitrogênio e o fósforo (nutrientes associados a moléculas orgânicas) são geralmente menos lixiviados, sendo reciclados com maior intensidade através da deposição da serapilheira.

TABELA 2. Alguns resultados de trabalhos sobre a entrada de nutrientes via água de Precipitação Interna.

Tipo de Floresta Local	QUANTIDADES DE NUTRIENTES (kg/ha/ano)					
	N	P	K	Ca	Mg	
Mista Illinois	3,3	8,8	20,9	11,9	3,5	ROLFE <i>et alii</i> (1978)
De Folhosas Illinois	10,5	1,2	21,2	15,4	4,8	PETERSON E ROLFE (1982)
Tropical Úmida Panamá		0,6		37,0		GOLLEY <i>et alii</i> (1975)
Tropical Úmida Venezuela		5,1		6,7		JORDAN (1980)
Tropical São Paulo		7,5	126,0			MEGURO <i>et alii</i> (1979b)
Cerrado Pirassununga		0,9	2,8			COUTINHO (1980)
Cerrado Agudos	0,0	-	67,8	6,8	7,1	LIMA (1985)
<i>Pinus oocarpa</i> Agudos	0,0	-	13,9	3,3	1,7	IDEM
<i>Pinus caribaea</i> Agudos	0,0	-	18,6	5,8	1,6	IDEM
% MÉDIAS	15	36	43-54	33	56	Vários autores

Após a interação com as copas das árvores, dois são os meios pelos quais a água da chuva atinge o solo: pela precipitação interna e pelo escoamento da água ao longo dos troncos. Segundo ROLFE, AKHTAR & ARNOLD (1978), em termos percentuais, do total de nutrientes que chegaram ao solo da floresta, a água de precipitação interna e a água de escoamento pelo tronco arrastaram, respectivamente, os diferentes elementos químicos nas seguintes proporções: 15% e 5% do nitrogênio; 36% e 5% do fósforo; 43% e 32% do potássio; 33% e 36% do cálcio e 56% e 17% do magnésio. Estes autores estudaram o ciclo de nutrientes em uma floresta mista de *Quercus rubra* e *Acer saccharum*, ao norte de Illinois.

Segundo LIMA (1979), através do processo de lavagem, as diferentes condições de cobertura vegetal causam diferentes alterações na composição química da água da chuva, contribuindo, desta forma, de maneira distinta com a ciclagem dos nutrientes.

TARRANT (1968) estudou a qualidade da precipitação interna (PI) e do escoamento pelo tronco (Et) em três sistemas diferentes: floresta de folhosas, floresta de coníferas e floresta mista de folhosa e conífera, observando diferenças nas taxas de ciclagem.

Na Nova Zelândia, WILL (1955) observou em plantações de coníferas, que o K e o Na são devolvidos ao solo, em maiores proporções, através da água da chuva.

MEGURO *et alii* (1979b), estudando aspectos ecológicos de uma reserva de mata mesófila secundária, na

área metropolitana de São Paulo, observaram que 68% da precipitação atingiu a superfície do solo. Os autores registraram, também, uma grande contribuição da lixiviação com quantidades de 126 kg/ha/ano de potássio e 7,5 kg/ha/ano de fósforo adicionados ao solo pela água de precipitação interna.

No caso do potássio, BERNAARD & REVERSAT (1975), estudando florestas úmidas sempre verdes da Costa do Marfim, obtiveram dados, onde mais de 60% desse elemento (cerca de 38 kg/ha/ano) era reciclado pela água de precipitação interna. Em outras florestas, como a floresta tropical úmida do Panamá, GOLLEY *et alii* (1978) também evidenciaram a importância da precipitação interna na ciclagem do potássio. Valores muito altos de transferência do potássio, via água da precipitação interna, foram observados por LEMÉE (1974), numa floresta de *Fagus* que, segundo o autor, chegava a 70% do total de potássio reciclado.

Nas condições de cerrado brasileiro, a ciclagem de alguns nutrientes via precipitação já foi estudada, mostrando que o papel da água da chuva, no aporte de nutrientes, é fundamental na manutenção da produtividade, principalmente das florestas plantadas (POGGIANI, 1985).

A proximidade de grandes centros urbanos e de parques industriais, que se constituem em fontes poluidoras, assim como certas práticas culturais, como o uso do fogo, podem contribuir grandemente no aumento de nutrientes arrastados pela água da chuva e pela água de precipitação interna. KODAMA & VAN LEAR (1980) registraram um

considerável aumento dos nutrientes carregados pela água de precipitação interna, durante as primeiras chuvas subsequentes à aplicação do fogo controlado.

COUTINHO (1979), após estudo da precipitação atmosférica de nutrientes minerais, na Estação de Emas, Pirassununga (SP), comenta que a influência de queimadas, realizadas a poucos quilômetros do local, foi marcante. Deve haver uma importação mensal permanente de nutrientes correlacionada com a quantidade de chuva e uma importação eventual correlacionada com a sedimentação de fragmentos de cinzas provenientes de queimadas. Desta forma, a importação de nutrientes, via atmosfera, parece representar um papel importante na ciclagem e nutrição mineral nos ecossistemas daquela região, visto que os solos possuem baixa fertilidade, especialmente do elemento fósforo. As quantidades, estimadas pelo autor, de nutrientes na água de precipitação interna, por ha/ano, foram de: 0,9 kg de fósforo; 2,5 kg de potássio; 5,6 kg de cálcio; 0,9 kg de magnésio; 3,5 kg de sódio e 35,8 kg de sulfatos.

Segundo FLINN *et alii* (1979), o acúmulo de óxidos de N e de S liberados na queima da vegetação e captados pelas copas das árvores, pode ser o fato responsável pelo abaixamento do pH da água da chuva interceptada pela floresta.

2.2.4. Acúmulo e decomposição da serapilheira

A etapa da decomposição do material depositado e posterior liberação dos nutrientes assume fundamental importância dentro da ciclagem de nutrientes em florestas.

A serapilheira pode representar um depósito considerável de elementos químicos. Na decomposição da serapilheira, as condições de clima, solo, tipo de vegetação, decompositores presentes no solo, afetam direta e indiretamente a disponibilidade dos nutrientes e a produtividade do sítio.

KRAMER & KOSLOWSKI (1960) afirmam que o principal meio através do qual os minerais retornam ao solo é pela decomposição do folheto e, portanto, a fertilidade dos solos é influenciada pela rapidez da decomposição desse material, que é tão importante quanto a respectiva quantidade e composição.

CAREY, HUNTER & ANDREW (1982) realizaram uma série de estudos, ao longo da Ilha do Norte, na Nova Zelândia, para determinar os fatores do ambiente e silviculturais que afetam a decomposição da serapilheira e a ciclagem dos nutrientes. Observaram, por exemplo, que o teor mais elevado de cálcio nas acículas estava associado a uma ciclagem mais rápida de matéria orgânica e nutrientes, no piso florestal.

Dentre as diferentes partes das árvores que constituem a serapilheira, as folhas podem ser consideradas como de rápida decomposição, além de se constituírem num material homogêneo, que permite estabelecer critérios de comparação mais precisos entre as taxas de decomposição observadas nos diferentes ecossistemas florestais.

De maneira geral, a camada de detritos orgânicos, e principalmente de folhas que se acumulam sobre o solo de florestas formadas predominantemente por coníferas, é maior do que a camada que se forma sob florestas de folhosas.

Segundo MASON (1980), as serapilheiras de coníferas são mais ácidas que as folhosas. Na maioria das vezes, as acículas não favorecem a rápida decomposição pela presença de grandes quantidades de lignina. Na decomposição, a relação C/N baixa, isto é, o maior teor de nitrogênio na serapilheira acelera o processo.

De acordo com NOIRFALISE & VANESSE (1975), as acículas de coníferas são menos ricas em proteínas do que as folhas das angiospermas. Também os tecidos superficiais são mais duros e com um teor de lignina mais elevado, o que dificulta o ataque de insetos, dos detritívoros e dos organismos decompositores. Associada a essas características, a serapilheira de coníferas libera, ao se decompor, vários derivados fenólicos, tais como: o fluoroglucinol, o ácido clorogênico, o ácido gálico e o ácido cumárico, que são inibidores do desenvolvimento de bactérias.

MINDERMAN (1968) estabeleceu a curva de decomposição para vários grupos de substâncias do folheto, evidenciando que a degradação mais lenta ocorre entre os fenóis e a mais rápida entre os açúcares e a hemicelulose.

DELITTI (1984) comenta que a qualidade do material em decomposição é muito importante, uma vez que, além de sua resistência mecânica, que decorre de suas características anatômicas, seu conteúdo de energia e nutrientes determina sua palatabilidade aos detritívoros.

A importância dos fatores ambientais na taxa de decomposição da serapilheira é ressaltada em muitos trabalhos. Segundo SPURR & BARNES (1980), em condições ótimas de atividade biológica do solo (suficiente calor, umidade e arejamento), a decomposição deverá ocorrer de modo satisfatório, sem nenhum acúmulo de matéria orgânica. Todavia, quando a atividade biótica é inibida pelo frio, condições ácidas, umidade insuficiente ou excessiva ou ainda em condições de pouco arejamento, a serapilheira poderá acumular-se com maior intensidade.

O clima frio que domina as regiões de ocorrência natural das coníferas, a estrutura foliar, o estado nutricional e a produção de substâncias tóxicas controlam a taxa de decomposição. Ocorrem, no entanto, variações de resistência à decomposição entre as espécies de coníferas (MILLAR, 1974).

Segundo SPURR (1973), o acúmulo de serapilheira em florestas temperadas pode atingir 31.170 kg/ha em povoamentos de *Pinus*. No oeste dos EUA, o processo para a total decomposição do material orgânico depositado chega a demorar mais de 100 anos.

Nas florestas de coníferas da Grã-Bretanha, frequentemente, forma-se espessa camada de matéria orgânica, cerca de 3 a 5 vezes a queda anual (OVINGTON, 1962). Segundo o mesmo autor, esse material leva até 5 anos para se decompor, enquanto florestas de folhosas, nas mesmas condições, têm sua serapilheira decomposta de um ano para outro, em muitos casos, em apenas 5 meses.

EGUNJOBI & ONWELUZO (1979) assinalam que em talhões de *Pinus caribaea* plantados na Nigéria, a reciclagem de N e P, através da decomposição da serapilheira, é muito inferior àquela observada em plantações de folhosas. Assim sendo, observaram que o folheto acumulado ao longo de um ano, nas florestas de folhosas, era decomposto num prazo de 2 a 7 meses, enquanto que nos pinheiros, a decomposição ocorria em cerca de 42 meses.

O maior acúmulo de serapilheira em florestas de coníferas em relação às folhosas preocupa, sobremaneira, os silvicultores que trabalham com florestas plantadas de coníferas de rápido crescimento. A retenção de nutrientes na serapilheira, devido a uma taxa de decomposição mais reduzida das coníferas, pode acarretar uma carência nutricional nas árvores. BALLARD & WILL (1981) es-

timaram um acúmulo de 55,4 t/ha de serapilheira num talhão de *P. radiata*, aos 16 anos da segunda rotação. FLORENCE & LAMB (1975) também assinalam o grande acúmulo de serapilheira que ocorre principalmente em plantações de *P. radiata* localizados na região sudoeste da Austrália. Neste caso, o acúmulo tem-se refletido no crescimento das árvores na segunda rotação e os autores sugerem que há necessidades técnicas de manejo para tentar corrigir o problema. A lenta decomposição da serapilheira, principalmente em solos arenosos e de baixa fertilidade, faz com que os nutrientes contidos no folheto acumulado representem uma grande proporção do estoque total em relação ao ecossistema.

LAMB (1972), estudando os povoamentos de *P. radiata* na Austrália, concluiu que alguns fatores são responsáveis pela lenta taxa de decomposição, verificando, por exemplo que: a) todo material da camada F e a maior parte da serapilheira é relativamente resistente ao ataque microbiano; b) evidências da ocorrência, na serapilheira, de substâncias inibidoras à decomposição; c) grandes diferenças entre a taxa de decomposição e mineralização do nitrogênio podem ser relacionadas com a diminuição de complexos de polifenóis, nessas serapilheiras.

JORGENSEN *et alii* (1980), estudando dois povoamentos de *Pinus taeda* de 11 e 32 anos, em Durham, EUA, observaram que, no povoamento de 32 anos, o piso florestal tinha maior importância no processo de ciclagem de nutrientes, uma vez que liberava uma maior proporção de N, P, K, Ca e Mg, quando comparado com o povoamento mais jovem, de

11 anos. Os autores citam que o conteúdo de N no piso florestal parecia aumentar após 3 anos de decomposição, sem adição de novo material. Por outro lado, quando folhas e ramos são adicionados, o conteúdo de nitrogênio decresce.

GOSZ, LIKENS & BORMANN (1976) estimaram o acúmulo da serapilheira em florestas de clima frio, formadas por folhosas e coníferas, em quantidades variando de 25,5 a 85,5 t/ha.

Segundo BASTARDO, ESTEVES & FLORES (1982), a decomposição da serapilheira em talhões de *P. caribaea* var. *hondurensis*, plantados numa savana na Venezuela, precisa de aproximadamente três anos para que 95% de seu material acumulado seja decomposto.

PETERSON *et alii* (1979), estudando a dinâmica nutricional da serapilheira de uma floresta de folhosas, em Illinois (EUA), cuja espécie dominante em área basal é a *Liquidambar styraciflua*, assinalou um acúmulo do piso florestal de 12.064 kg/ha. O autor cita que o tempo de decomposição gira ao redor de 44 meses e, que o N é fortemente retido, enquanto o K é mais reciclado.

Em florestas tropicais, BROWN & LUGO (1982) estimaram que o tempo médio para a renovação da serapilheira é de aproximadamente um ano.

GOLLEY *et alii* (1978) confirmam que a renovação da serapilheira em florestas tropicais se dá em menos de um ano, independente da temperatura, umidade e de-

composição das folhas. No caso da floresta úmida do Panamá, onde os autores realizaram seus estudos, 9 meses foram suficientes para decomposição de aproximadamente 90% do material original.

No Brasil, os estudos de acúmulo e decomposição de serapilheiras são recentes. PERES *et alii* (1983) estimaram as taxas anuais de decomposição da serapilheira, em áreas de cerradão e cerrado e observaram valores variando de 3,3-14,8%/ano, de acordo com o material vegetal.

DELITTI (1984) estudou, comparativamente, o acúmulo de serapilheira em ecossistemas contíguos e assinalou os seguintes valores médios: para o cerrado 8,2t/ha; para uma mata ciliar 11,3 t/ha, e para um talhão de *Pinus elliottii* 20,2 t/ha, sendo que a serapilheira do pinheiral apresentava o seguinte estoque de nutrientes (kg/ha): 183 de N; 5,7 de P; 7,6 de K; 61,2 de Ca e 9,6 de Mg.

MEGURO *et alii* (1979), estudando o acúmulo e a rapidez do desaparecimento do folheto da mata mesófila secundária da região de São Paulo, obtiveram um tempo médio para a decomposição de 50% do folheto de 9-10 meses. Os autores comentam que o retorno efetivo dos elementos contidos no folheto para o compartimento das plantas, dependerá, essencialmente, da razão da decomposição, liberação e eficiência na absorção, principalmente através do sistema radicular superficial, ou, ainda, sob a ação mediadora dos organismos como as micorrizas.

POGGIANI (1985) verificou que talhões de *Pinus*, plantados em Agudos (SP), apresentavam uma quantidade de folheto acumulado sobre o solo quase três vezes superior à quantidade acumulada num talhão de *E. saligna*, em Piracicaba (SP). O folheto acumulado no talhão de *E. saligna* foi estimado em 7.936 kg/ha, enquanto que nos talhões de *Pinus caribaea hondurensis* e *Pinus oocarpa*, os acúmulos foram, respectivamente, de 20.238 e 19.454 kg/ha.

OLSON (1963), em seu trabalho de revisão, analisou diferentes equações matemáticas para estimar a velocidade de decomposição, em função de diferentes situações ecológicas. Esse autor tem utilizado a taxa constante de decomposição ou taxa de decomposição instantânea como um índice de reciclagem da matéria orgânica. Essa taxa é conhecida como K , sendo a razão entre a quantidade de folheto depositada anualmente L e o folheto acumulado em equilíbrio dinâmico (X_{ss}).

$$K = \frac{L}{X_{ss}} = \frac{\text{quantidade de folheto depositado anualmente}}{\text{folheto acumulado em equilíbrio dinâmico}}$$

Com a equação acima, é possível estimar o tempo médio (T_m) necessário para a renovação da quantidade de serapilheira acumulada sobre o solo, que será:

$$T_m = \frac{L_{ss}}{L} = \frac{1}{K}$$

ou

$$t = 1/K$$

Para a estimativa da meia-vida, isto é, do tempo necessário para decomposição de 50% do material inicial, a equação será:

$$t_{(0,5)} = 0,693/K$$

Assumindo que a serapilheira se encontra em equilíbrio dinâmico, OLSON (1963) tem demonstrado que os valores de K variam de 1 a 4 nas florestas tropicais, entre 0,20 e 0,25 nas florestas temperadas e abaixo de 0,05 nas florestas de clima mais frio.

Normalmente, as folhas, bem como os outros componentes de serapilheira, acumulam-se sobre o solo até que a decomposição se inicie. Inicialmente, a deposição de folhas sobre o solo pode exceder a decomposição, mas, cedo ou tarde, será atingido o equilíbrio entre a adição anual e a taxa de decomposição.

De forma geral, o tempo necessário para que o solo florestal atinja o equilíbrio entre a deposição e a decomposição varia de 10 anos, nas florestas tropicais de rápido crescimento, a mais de 100 anos nas florestas de coníferas das regiões boreais.

A seguir, serão apresentados alguns valores de K obtidos em diversos estudos de decomposição, em situações ecológicas distintas:

<u>TIPO DE FLORESTA</u>	<u>LOCAL</u>	<u>VALOR DE K</u>	<u>FONTE</u>
Pinheiros	Minesota	0,06	OLSON (1963)
Pinheiros	Sul dos EUA	0,25	idem
<i>P. oocarpa</i>	Agudos	0,37	POGGIANO (1975)
<i>P. caribaea hond.</i>	Agudos	0,41	idem

<i>E. saligna</i>	Piracicaba	0,56	POGGIANI, 1985
Mata mesófila	São Paulo	1,41	MEGURO <i>et alii</i> , 1979
Cerrado contíguo	Mogi-Guaçu	0,39	DELITTI, 1984
<i>P. elliottii</i>	idem	0,35	idem
Mata ciliar	idem	0,59	idem

Quanto maior o valor de K, menor será o tempo de renovação da serapilheira.

De um modo geral, os estudos realizados evidenciam a importância do tipo de material foliar e das condições edáficas e climáticas na taxa de decomposição da serapilheira e liberação dos nutrientes para o solo.

2.2.5. Decomposição da serapilheira e o seu reflexo sobre o solo

A produção, acúmulo e decomposição da serapilheira são processos interligados. O desaparecimento da serapilheira é o resultado da combinação das perdas, devido a decomposição, mineralização, lixiviação, consumo animal, transporte pelo vento e, em alguns casos, pela retirada pelo homem.

A matéria orgânica fornece muitos outros benefícios ao solo, além de adicionar nutrientes: a) fornece substâncias agregantes do solo, tornando-o grumoso, com bioestrutura estável à ação das chuvas; b) fornece ácidos orgânicos e álcoois, durante sua decomposição, que servem de fonte de carbono aos microrganismos de vida livre, fixadores de N; c) possibilita a vida de microrganismos que produzem substâncias de crescimento, como triptofano e ácido indol-acético; d) dá origem aos alimentos para os organismos ativos na decomposição, produzindo antibióticos que protegem as plantas de pestes, etc. (PRIMAVESI, 1980).

Na decomposição da matéria orgânica ocorre a formação do húmus. Os fatores mais importantes para a formação do húmus são: cobertura vegetal, clima, riqueza mineral do solo, pH, microrganismos ativos na decomposição e relação C/N.

Segundo PRIMAVESI (1980), somente o húmus

consegue influir nas propriedades químicas do solo. A decomposição é desfavorecida tanto em pH baixo, como em pH alto: em pH menor que 5,6, formam-se ácidos fúlvicos, em pH entre 5,6 a 6,8, predominam ácidos húmicos e, em pH acima de 7,5, formam-se ácidos fúlvicos provenientes da degradação dos ácidos húmicos. Ainda segundo a mesma autora, o húmus tem sua origem a partir da lignina, que é de difícil decomposição. Os ácidos húmicos, em solos pobres, dão estabilidade aos agregados.

Geralmente a serapilheira das florestas de folhosas se acumula em menor quantidade, sendo que não é bem nítida a linha de separação entre a camada de serapilheira e o solo mineral. Em contraste, a serapilheira sob florestas de coníferas, via de regra, tem uma nítida separação entre o piso florestal e o solo (SPAIN, 1975).

Deve ser assinalado, ainda, que nos solos sob florestas de coníferas, predominam os fungos, enquanto que nas de folhosas, há predominância das bactérias.

As etapas fundamentais da ciclagem de nutrientes em florestas vêm sendo objeto de pesquisas, em todas as partes do mundo, por se tratar de um assunto de extrema importância no entendimento da dinâmica dos ecossistemas.

Apenas alguns trabalhos foram citados nesta revisão, para auxiliar a discussão dos resultados obtidos nesta pesquisa.

3. METODOLOGIA

3.1. Características das espécies estudadas

A escolha das espécies utilizadas no plantio consorciado desta pesquisa teve como base a natural ocorrência do *Pinus caribaea hondurensis* com a *Liquidambar styraciflua* na região de origem (Poptum-Guatemala). A consorciação, além das possíveis melhorias ecológicas, poderá trazer retorno econômico satisfatório, uma vez que tanto a madeira do pinheiro com a do *Liquidambar* são adequadas para a fabricação de chapas e aglomerados e outros fins comerciais.

3.1.1. *Liquidambar styraciflua* L.

O *Liquidambar styraciflua* é uma espécie latifoliada caducifólia, da família Hamamelidaceae. É a única espécie do gênero, nativa no Novo Mundo (BILAN, 1978). Ocorre naturalmente no sul e sudeste dos EUA, México, Guatemala, Honduras, El Salvador e Nicarágua. É encontrada a baixas altitudes, nos EUA e na América Central. Pode ser encontrada até a 2.000m de altitude, com variação anual de temperatura de -15° até a 43°C e a precipitação anual variando de 800 a 2.100mm. É uma espécie tolerante a uma

ampla variedade de solos, apresentando, entretanto, um melhor desenvolvimento em solos úmidos e bem drenados. Onde a precipitação é menor que 1.000mm/ano, a ocorrência é geralmente restrita, à margem de rios, lagos ou nascentes.

Nas regiões de origem, segundo BRISCOE (1973), as árvores adultas, dependendo do sítio, atingem 45 a 90cm de diâmetro, e alturas de 24 a 36m. Exemplares de 1,20m de diâmetro já foram encontrados. A estação de crescimento varia de 150 dias no norte dos EUA, até 365 dias, em partes da América Central.

Na região de origem, o *Liquidambar styraciflua* é conhecida como *sweetgum*, *sapgum*, *redgum* ou *bilsted*. A casca é cinza, profundamente fendida, e nos primeiros anos, a coloração é amarelada, com expansões corticais, no caule (COOLINWOOD & BRUSH, 1978).

As folhas são do tipo estrela, com 5 a 7 pontas, de um verde escuro brilhante, tornando-se avermelhadas no outono. Trata-se de uma planta monóica, com flores masculinas, em cacho, e as femininas, em bolas de cor esverdeada. O fruto (tipo cápsula) abre-se e uma ou duas sementes são dispersadas pelo vento. As sementes podem permanecer em dormência todo o inverno, e somente as plântulas que receberam boa luminosidade conseguirão se estabelecer. Segundo BRISCOE (1973), abundante produção de sementes são observadas em intervalos de 3-4 anos, embora haja suficiente produção anual. As árvores produzem sementes até a idade média de 20-30 anos.

Uma característica de destaque do *Liquidambar* é a capacidade de rebrotar, quando cortada; se não tiver mais do que 50 anos, tolera, sem perda de vigor, até um terceiro corte. Sua madeira é de primeira qualidade para a fabricação de móveis, laminados, revestimentos internos e para carpintaria. Adequados métodos de secagem têm contornado um problema de torção da madeira, possivelmente originado devido a sua característica anatômica (grã entrelaçada). A densidade da madeira gira ao redor de $0,570 \text{ g/cm}^2$ (ABELARDO *et alii*, 1968/69).

Segundo SETOR DE SQCE (1984), as fibras do *L.styraciflua* quando comparadas às do *Eucalyptus*, apresentam o dobro do comprimento e espessura, e são cerca de 50% maiores, no que diz respeito à largura e diâmetro do lúmen. Quanto à composição química, o mesmo autor, ao compará-lo com o *E. saligna*, diz que as fibras do *Liquidambar* possuem teores de lignina menores e extrativos solúveis em álcool-tolueno e Na OH 1%, significativamente superiores. Os rendimentos brutos e depurados, em celulose, apresentados pela madeira de *L.styraciflua* são inferiores aos do *Eucalyptus*, em cerca de 10%.

FOELKEL (1974), utilizando material proveniente de Franklin, Virginia, EUA, de *Liquidambar styraciflua*, concluiu que a densidade básica da madeira e, em média, $0,455 \text{ g/cm}^2$, o comprimento da fibra 1,5mm, a largura da fibra $31,2 \mu$ e a espessura da parede celular 4,2 u. A celulose sulfato obtida desse material teve 51%

de rendimento bruto, 47,7% de rendimento depurado e 3,5% de teor de rejeitos. Resumindo, a espécie tem boa qualidade de celulose sulfato, quer em termos de rendimento como de resistência.

USDA (1974) confirma que a densidade e algumas propriedades físicas e mecânicas do *L.styraciflua* são comparadas às das coníferas. Na forma de compensados, as suas propriedades físicas são iguais ou superiores às do *Pinus* comumente utilizados.

Segundo MIRANDA (1976), a madeira do *Liquidambar* é de textura fina e uniforme, fácil de se trabalhar, de bom acabamento e de regular durabilidade. Com base na literatura consultada, conclui-se que o *Liquidambar* possui boas indicações para uso em plantios consorciados ou puros.

FOELKEL (1974) comenta que, embora o *Liquidambar* não seja atualmente de importância econômica para o Brasil, como o é no sul dos EUA, há tentativas para a sua implantação, em grande escala, em projetos de reflorestamento.

3.1.2. *Pinus caribaea* Mor. var. *hond.* Bar. et Golf

Os plantios com pinheiros tropicais em nossas condições têm atingido grandes escalas, principalmente porque esses pinheiros toleram solos de baixa fertilidade e outras condições ambientais das regiões de cerrado.

Fornecem, também, grande quantidade de madeira, em rotações relativamente curtas, o que permite abastecer a grande demanda por fibras longas, no mercado nacional, evitando desmatamentos altamente indesejáveis.

Dentre os pinheiros tropicais, destaca-se o *Pinus caribaea* Mor. var. *hondur.* Bar. et Golf, pertencente à família das Pináceas. Essa variedade ocorre naturalmente em numerosos maciços descontínuos e fragmentados, localizados entre 12° e 18° latitude norte. Sua distribuição cobre Honduras Britânica, a parte noroeste da Guatemala, uma larga faixa de Honduras, até as partes baixas do noroeste da Nicarágua. O *Pinus caribaea* var. *hondurensis* ocorre na região subtropical úmida. Onde a temperatura média anual é maior do que 24°C, a espécie só ocorre em locais com precipitação de 2.000-4.000 mm/ano; quando a temperatura média anual é inferior a 24°, a distribuição da espécie se dá em locais com precipitação anual de 1.000 a 2.000 mm. A espécie ocorre em solos erodidos e de baixa fertilidade, em terras baixas e úmidas, consideradas das áreas marginais (BARRET & GOLFARI, 1962). Essa espécie foi introduzida no Brasil, no final da década de 40.

As sementes utilizadas no plantio em Agudos (SP), são procedentes de Poptum, Guatemala (lat. N 16°20' e long. W 89°25'; altitude 500 m e média anual de precipitação igual a 1.700 mm). É provavelmente a mais amplamente conhecida procedência de *Pinus caribaea hondu-*

rensis e junto com os povoamentos de Mountain Pine Ridge, de Honduras, são as mais importantes fontes de sementes comerciais dessa variedade. Os maiores plantios dessa variedade no Brasil, estão em Jari (PA), com 25.000 ha, Monte Carmelo (MG), com 10.000 ha e Agudos (SP), com 25.000 ha.

Em áreas adequadas, a conífera tropical é preferida pelas companhias de celulose de fibra larga, devido a sua maior produção volumétrica (GOLFARI, 1978).

Segundo SIMÕES *et alii* (1981), em solo de baixa fertilidade, no Município de Casa Branca (SP), o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* apresenta um crescimento superior aos 30 m³/ha/ano.

NICOLIELO & BERTOLANI (1980), num estudo de introdução de algumas espécies de *Pinus*, aos 4,5 anos de idade, plantados num espaçamento de 3,0 x 3,0m, concluíram que o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* destacou-se com um comportamento volumétrico superior às demais coníferas testadas, apresentando valores médios para o DAP de 13,70cm, altura 8,08m e volume cilíndrico de 132,27 m³/ha, com uma sobrevivência de 100%.

3.2. Características da área experimental

3.2.1. Localização, clima e solo

O trabalho foi desenvolvido nas plantações florestais da Companhia Agro-Florestal Monte Alegre (CAFMA), no Município de Agudos (SP). A região situa-se entre as coordenadas geográficas de 22°25' de latitude sul e 48°50' de longitude a oeste de Greenwich, numa altitude aproximada de 600m.

O relevo na região é, em geral, suavemente ondulado, porém, os povoamentos em estudo localizam-se em terrenos planos.

O clima é do tipo Cwa, segundo Köppen, com temperatura média anual de 21,1°C. No inverno, a temperatura média é de 18,6°C e no verão 23,3°C. A precipitação média anual é de 1.300mm, sendo que, cerca de 1.000mm desse total (75%) caem durante a estação chuvosa - entre os meses de outubro a março.

A representação gráfica da figura 1 foi elaborada com os dados mensais médios de precipitação e temperatura coletados no período de outubro de 1981 a setembro de 1982. De acordo com CAMARGO *et alii* (1977), a região pode apresentar deficiência hídrica anual variando de 300 a 600mm, o que resulta em um Índice Hídrico de 20 a 60.

FIGURA 1. Representação gráfica das médias mensais de precipitação pluviométrica (mm) e temperatura (°C), obtidas durante o período experimental.

Os solos da região são profundos, uniformes, porosos, submetidos a elevado intemperismo, ácidos, pobres em bases trocáveis e ricos em óxidos de ferro e alumínio. De modo geral, na região predomina o latossolo vermelho-amarelo, fase arenosa (RANZANI, 1971).

3.2.2. Histórico e caracterização dos talhões estudados

Os talhões estudados fazem parte de um projeto instalado em outubro de 1973, cujo objetivo era verificar os efeitos de três níveis de adubação, três espaçamentos e o efeito da consorciação sobre o crescimento das árvores de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Liquidambar styraciflua*. O experimento foi instalado segundo um esquema fatorial $3 \times 3 \times 3$, com duas repetições e vinte e sete tratamentos. Nos povoamentos mistos, as espécies foram plantadas alternadamente na proporção 1:1.

As plantações estavam, no início do estudo, com 7 anos de idade, e não tinham sofrido desbastes. Ao redor dos talhões, existiam plantações de pinheiros tropicais e mata natural.

Foram utilizadas, para o presente estudo, três tipos de plantações florestais: dois talhões puros

de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, dois talhões puros de *Liquidambar styraciflua* L. e dois talhões mistos. Cada parcela ou talhão tinha 20 x 30m, isto é, 600m². A área total utilizada foi de 3.600m². (Vide Fig. 2).

GRUPO W'	BIII	20	8	3	25	21	22	6	19	27
	BII	17	16	11	7	2	4	15	9	18
	BI	5	13	24	12	23	14	26	10	1
	BIII	25	20	4	18	5	21	24	26	12
GRUPO W	BII	9	14	27	19	4	6	17	7	5
	BI	11	6	13	15	8	10	22	16	23

FIGURA 2. Localização das parcelas experimentais desta pesquisa, dentro da área total destinada ao estudo de adubação, espaçamento e consorciação entre *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Liquidambar styraciflua*.

- Legenda:
- . Parcelas destinadas ao estudo de deposição foliar e lixiviação das copas: 1, 2 e 3
 - . Parcelas destinadas ao estudo da velocidade de decomposição da serapilheira: 4, 5 e 6
 - . Parcelas 1 e 4: talhão puro de *Pinus*
 - . Parcelas 2 e 5: talhão puro de *Liquidambar*
 - . Parcelas 3 e 6: talhão misto (*Pinus* + *Liquidambar*)

Na escolha das parcelas a serem utilizadas no presente estudo, foram observados os seguintes critérios:

- a. Foram separadas as parcelas não-adubadas e,
- b. Dentre as não-adubadas, as parcelas com espaçamento de 2,0 x 2,5m, que apresentavam maior produtividade, aos anos de idade.

Foram também realizadas medições da porcentagem de luz, no interior dos talhões experimentais, em duas épocas do ano: uma em maio, quando as copas das árvores de *Liquidambar* ainda estavam fechadas, e a outra em agosto, após a queda da maioria das folhas. Essa medição teve o objetivo de dar maiores subsídios à interpretação dos dados sobre a queda do folheto, e da velocidade da decomposição da serapilheira.

A Tabela 3 mostra os dados obtidos na medição de luz no interior dos talhões puros e mistos de *Pinus* e *Liquidambar*, em relação ao exterior.

TABELA 3 - Porcentagem de luz no interior dos talhões experimentais (com auxílio de luxímetro)

Data da medição	Espécies	Porcentagem de luz
15/maio/1981	<i>Pinus</i>	17,9%
	<i>Liquidambar</i>	38,5%
	Misto	25,8%
21/agosto/1981	<i>Pinus</i>	7,4%
	<i>Liquidambar</i>	55,0%
	Misto	49,5%

Foram também realizadas medições dendrométricas das árvores nos talhões, em dezembro dos respectivos anos de estudo: 1980, 1981 e 1982. Os dados dessas medições estão resumidos na Tabela 4.

TABELA 4. Características dendrométricas dos povoamentos puros e mistos de *Pinus caribaea hondurensis* e *Liquidambar styraciflua*, por ocasião das medições de dezembro de 1980, dezembro de 1981 e dezembro de 1982.

ESPÉCIES		CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS					
		A L T U R A (m)			DAP (cm)		
		dez/80	dez/81	dez/82	dez/80	dez/81	dez/82
<i>Pinus</i> puro	(Pp)	11,0	12,5	13,0	15,3	11,2	15,0
<i>Pinus</i> misto	(Pm)	12,0		13,0	12,4		11,1
<i>Liquidambar</i> puro	(Lp)	14,4	15,0	15,7	12,7	14,5	11,8
<i>Liquidambar</i> misto	(Im)	14,1		15,2	14,4		19,2
Misto		13,1	15,3	14,9	12,3	13,6	12,5

As figuras 3 e 4 mostram, respectivamente, detalhes do interior dos talhões puros de *Pinus* e *Liquidambar*, onde se pode observar as bandejas coletoras de material foliar e os interceptômetros para coleta de precipitação interna.

FIGURA 3. Detalhe interno do talhão de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (agosto de 1981).

FIGURA 4. Detalhe interno do talhão puro de *Liquidambar styraciflua*, no período posterior à queda das folhas (agosto de 1981).

A Figura 5 permite observar as copas das árvores no plantio misto, enquanto que a Figura 6 mostra a serapilheira formada nesse talhão, com as espécies consorciadas.

FIGURA 5. Vista das copas do povoamento misto.
(agosto de 1981)

FIGURA 6. Detalhe da serapilheira do povoamento misto.
(abril de 1981)

3.3. Métodos

3.3.1. Estimativa da deposição de folheto

A coleta de material foliar foi realizada nas parcelas 1, 2 e 3, a saber:

- Parcela 1: Talhão puro de *Pinus*
- Parcela 2: Talhão puro de *Liquidambar*
- Parcela 3: Talhão misto

O período de coleta se estendeu de outubro de 1980 a setembro de 1982. Não foram realizadas coletas de ramos e demais componentes da serapilheira, pelos motivos já discutidos na revisão e, principalmente, por ser o tamanho das parcelas (600 m^2) muito reduzido para esse tipo de amostragem, que normalmente apresenta uma elevada variação (POGGIANI, 1985).

O material orgânico foliar foi coletado em bandejas, com área de recepção de $1,0\text{ m}^2$, construídas em madeira e tela de nylon tipo mosquiteiro (vide Figura 3). As bandejas, em número de 20, foram colocadas ao acaso nas parcelas, mantendo-se, todavia, uma bordadura de 5,0 m. No total, foram 60 bandejas coletoras, numa área de 3.600 m^2 , ou seja, em média, uma bandeja/ 60 m^2 .

No início de cada mês (do dia 1º até o dia 4), o material foliar era recolhido das bandejas, acondicionado em saquinhos de papel, etiquetados e transportados para o laboratório, em Piracicaba.

No laboratório, as folhas eram colocadas em estufa a 60-70°C para secagem, até peso constante. Após a secagem, o material era pesado e moído em moinho tipo Willey de malha 20. Cerca de 50-100 gramas de material moído eram amostradas e reservadas, para posterior análise química. Foram feitas três repetições, por tratamento.

A partir de outubro de 1981, o folheto coletado no povoamento misto passou a ser subdividido, tornando possível análises químicas separadas das acículas de *Pinus*, bem como das folhas de *Liquidambar*. Desta forma, pode-se verificar, com maior clareza, o efeito da consorciação em cada espécie sobre o teor de nutrientes.

Os tratamentos ficaram assim estabelecidos, a partir de outubro de 1981:

- a) tratamento Pp: folhas de *Pinus* do talhão puro
- b) tratamento Pm: folhas de *Pinus* do talhão misto
- c) tratamento Lp: folhas de *Liquidambar* do talhão puro
- d) tratamento Lm: folhas de *Liquidambar* do talhão misto
- e) tratamento M: folhas de *Liquidambar* e de *Pinus* do talhão misto.

3.3.2. Análises químicas das folhas

As análises químicas dos macronutrientes foram feitas segundo metodologia descrita por SARRUGE e HAGG (1974), no Laboratório do Setor de Ecologia Aplicada da ESALQ.

O nitrogênio total foi determinado por titulação, após digestão nítrica, pelo método tradicional de Kjeldahl.

O fósforo total foi determinado pelo método colorimétrico do vanado-molibdato de amônio.

Os elementos potássio, cálcio e magnésio foram quantificados através da espectrofotometria de absorção atômica.

Para todos os nutrientes, foram efetuadas duas repetições.

Sendo as folhas comprovadamente a fração de maior importância no estudo da deposição de material orgânico, e tendo-se em vista as limitações de amostragem que haveria, se fossem estudados os demais componentes: ramos, frutos, flores, galhos, optou-se pelo estudo da deposição de nutrientes, tendo-se apenas como base a quantidade e composição química das folhas decíduas, nos povoamentos puros e mistos de *Liquidambar styraciflua* e *Pinus caribaea hondurensis*.

3.3.3. Estimativa da quantidade de nutrientes minerais no folheto

A concentração média de cada elemento era calculada através da análise química das folhas coletadas mensalmente, em vinte telas, distribuídas ao acaso, em cada talhão. As folhas secas eram moídas, e do pó resultante, eram retiradas amostras, com as quais eram efetuadas as determinações dos elementos: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio.

As quantidades dos elementos químicos depositados mensalmente nos talhões eram estimadas, multiplicando-se a biomassa seca das folhas depositadas por hectare, pela concentração média de cada elemento.

3.3.4. Estimativa da interceptação e da quantidade da água da Chuva e de Precipitação Interna

Amostras de água da Chuva no aberto eram obtidas, através de dois pluviômetros, com área de recepção de $314,16 \text{ cm}^2$, instalados numa clareira adjacente aos povoamentos em estudo.

Para a coleta de água de Precipitação Interna, eram utilizados seis interceptômetros para cada ta-

lhão, ou seja, na proporção de $1/600 \text{ m}^2$. Os interceptômetros, fabricados em material inox, tinham as seguintes medidas: área de recepção de $314,16 \text{ cm}^2$, altura de 27 cm. A tampa do interceptômetro tinha a forma de funil, com uma abertura de 2,2 cm, sendo coberta com tela fixa de inox, para impedir a entrada de interferentes.

A coleta era feita semanalmente.

Alterava-se o local dos interceptômetros, após cada coleta, pois, dessa forma, podia-se cobrir uma maior área de amostragem.

O volume de água de cada coletor era medido no campo, com auxílio de proveta. Após anotação do volume individual, formava-se uma amostra composta com o volume dos seis interceptômetros de cada talhão. Essa amostra era armazenada em galão plástico, dentro de geladeira, previamente lavados e enxaguados com água deionizada. Tendo-se a área coletora e o volume de água pode-se estimar a quantidade de água que atravessava as copas das árvores e também a porcentagem de interceptação.

No final de cada mês, todo material armazenado nos galões era transportado para o laboratório, dentro de caixas de isopor com gelo. As análises eram realizadas logo que o material chegava ao laboratório, principalmente as determinações de pH, N, P, alcalinidade e condutividade elétrica.

A cada três meses, procedeu-se a uma limpeza nos interceptômetros, lavando-os abundantemente, com água deionizada.

3.3.5. Estudo da qualidade da água

3.3.5.1. Aspectos físicos

A metodologia aplicada foi baseada no manual de análises de água (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1975).

- a) pH: é a medida da acidez ou alcalinidade das soluções. O pH foi medido em potenciômetro modelo B-221, fabricado pela Micronal.
- b) Turbidez: é a medida óptica das partículas em suspensão na água, ou ainda uma medida da redução de transparência causada pela presença de materiais em suspensão. A determinação é feita por leituras diretas no Turbidímetro.
- c) Condutividade elétrica: é a capacidade de conduzir corrente elétrica. Quanto maior a quantidade de íons presentes maior a condutividade. Para a medição, mergulha-se a sonda do condutivímetro (Modelo 2511, fabricado pela Hach Chemical Company), em 150 ml da amostra.

- d) Cor: indicador de substâncias orgânicas presentes na solução. A cor foi determinada em colorímetro modelo DR.
- e) Alcalinidade: capacidade que a solução apresenta de neutralizar ácidos. A alcalinidade foi determinada por titulometria.

3.3.5.2. Estimativa da quantidade de macronutrientes na água da chuva e na água de precipitação interna

A determinação da concentração de potássio e magnésio foi obtida diretamente com leituras em espectrofotômetro de absorção atômica, utilizando-se amostras de água de chuva e de precipitação interna. Foram utilizadas três repetições em cada tratamento.

As quantidades dos elementos químicos depositadas semanalmente nos talhões foram estimadas multiplicando-se a quantidade de água que atingiu o piso florestal pela respectiva concentração média do elemento.

3.3.6. Estimativa da velocidade de decomposição do folheto acumulado

O objetivo da pesquisa de campo relativa à decomposição do folheto foi avaliar, em condições naturais, qual o tempo real que cada tipo de folheto levaria para decompor, ao menos metade, de seu material acumulado.

Visando atingir o objetivo proposto, instalou-se, no interior de cada tipo de plantação, quatro blocos ao acaso (vide Figura 7). As dimensões dos blocos variaram em função do número de amostras consideradas satisfatórias na pré-amostragem. Desta forma, os blocos da plantação pura de *Liquidambar* e os blocos do povoamento misto foram de 1,30 m x 1,30 m ($1,69 \text{ m}^2$), contendo 12 parcelas de $0,04 \text{ m}^2$ em cada bloco (vide esquema da figura 7). No caso do povoamento puro de *Pinus*, o número de parcelas por bloco foi maior: os blocos eram de 3,10 m x 1,30 m = $4,03 \text{ m}^2$, com 40 parcelas de $0,04 \text{ m}^2$. Em todos os blocos as parcelas distanciavam-se umas das outras cerca de 10 cm.

A instalação dos blocos compreendeu a delimitação da área, com estacas de madeira de 25 cm de comprimento fixadas a cada 15 cm, conservando-se uma bordadura de 10 cm. No topo das estacas, foram introduzidos pregos para firmar as linhas de nylon estendidas a 15 cm do solo.

Sobre as estacas e as linhas de nylon, foi estendida uma rede de malha larga, com o objetivo de impe-

dir a entrada de novo material, sem, contudo, alterar, de forma acentuada, as condições de luz, temperatura e umidade da serapilheira adjacente.

FIGURA 7. Esquema de um bloco de parcelas na plantação mista, para estudo da velocidade de decomposição do folheto.

Os pontos de cruzamento das linhas de nylon serviram para demarcar o centro de cada parcela de $0,04 \text{ cm}^2$.

A instalação dos blocos foi realizada em novembro de 1981.

FIGURA 8. Instalação dos blocos para estudo da velocidade de decomposição do folheto. (novembro de 1981).

Transcorridos os seis meses iniciais (maio de 1982), foi realizada a primeira coleta de material. A segunda coleta foi feita em novembro de 1982 (um ano de decomposição) e a última coleta em julho de 1983 (20 meses de decomposição).

As coletas foram realizadas da seguinte maneira: com o auxílio de um quadrado vazado de madeira, de 20 cm x 20 cm, centrado no cruzamento das linhas de nylon, e com uma espátula cortante eram retiradas parcelas de folheto, escolhidas ao acaso. No caso do povoamento de *Liquidambar* e do povoamento misto, eram retiradas três parcelas, e, no caso do *Pinus*, eram retiradas 10 parcelas a cada coleta.

As amostras de folheto eram identificadas , secas em estufa à 60-70°C até peso constante e pesadas. O decréscimo do peso médio das amostras, em cada coleta, permitiu a estimativa da taxa real de decomposição do folheto nos três talhões, no período de novembro de 1981 à julho de 1983.

3.3.7. Determinação de algumas características do solo superficial sob os diferentes talhões florestais

Foram realizados dois tipos de análises do solo: análise mecânica ou física e análise química.

Para a análise física foram tomadas amostras do solo imediatamente abaixo da serapilheira (de 0 a 5 cm), a 50 cm e a 100 cm de profundidade. De cada profundidade foram tomadas 4 amostras simples, para formação de uma amostra composta, por tratamento. As análises foram realizadas no Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes da ESALQ.

O objetivo da análise química foi verificar principalmente o efeito das diferentes coberturas florestais, no solo superficial. Por essa razão, foram coletadas amostras em quatro pontos distintos, em cada talhão, visando uma amostragem mais adequada. As amostras de solo, a 50 e 100 cm, foram coletadas apenas em um ponto de

cada talhão.

Os componentes da análise química foram pH, Carbono orgânico (%), teor trocável em milequivalentes/100 ml de terra de: PO_4^{3-} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} e H^+ .

4. RESULTADOS

4.1. Nutrientes depositados através da queda do folheto

4.1.1. Deposição do folheto

A estimativa da queda mensal de folheto proveniente das copas das árvores foi realizada no período de outubro de 1980 a setembro de 1982. Os resultados dessa coleta são apresentados na Tabela 5.

Os dados climáticos de precipitação pluviométrica constantes na Tabela 6 foram obtidos através de coletores colocados em área adjacente ao experimento, devido à grande variação na intensidade de chuva registrada em pontos diversos da Fazenda. Os dados referentes a temperaturas médias, mínimas e máximas foram obtidos do Posto Meteorológico da CAFMA, que dista aproximadamente 8,8 km da área experimental.

Esses dados climáticos apresentados na Tabela 6 possibilitam uma melhor compreensão dos resultados obtidos na Tabela 5, quanto à deposição do folheto.

Com base nas Tabelas 5 e 6, foram elaborados os gráficos das Figuras 9, 10 e 11, onde se pode observar melhor as variações na deposição de folheto, em função

TABELA 5 - Deposição mensal (kg/ha) de folheto em talhões puros e mistos de *Pinus caribaea hondurensis* e *Liquidambar styraciflua*, no período de outubro de 1980 a setembro de 1982 (média e desvio padrão)

MESES	QUANTIDADE DE MATERIAL FOLIAR (Kg/ha/mês)					
	<i>Pinus</i>		<i>Liquidambar</i>		M I S T O	
out/80	392,2 ±	35,6	382,7 ±	24,9	339,6 ±	31,3
nov/80	239,1 ±	77,2	45,4 ±	10,1	88,6 ±	11,7
dez/80	74,7 ±	15,8	55,4 ±	20,6	56,2 ±	24,4
jan/81	55,3 ±	27,4	144,5 ±	34,3	56,6 ±	22,8
fev/81	125,5 ±	63,2	310,4 ±	111,3	97,2 ±	34,0
mar/81	272,5 ±	130,0	947,0 ±	177,0	350,8 ±	99,7
abr/81	388,9 ±	123,5	782,8 ±	148,3	844,8 ±	108,2
mai/81	451,7 ±	106,7	946,2 ±	186,0	1.552,5 ±	174,0
jun/81	358,4 ±	105,4	439,3 ±	89,8	462,0 ±	133,1
jul/81	416,1 ±	113,9	691,9 ±	206,9	320,0 ±	121,5
ago/81	843,7 ±	272,4	447,6 ±	103,2	638,7 ±	132,1
set/81	849,0 ±	168,2	417,7 ±	59,0	510,2 ±	128,1
TOTAL 1º ano	4.458,1		5.580,9		5.317,2	
out/81	225,5 ±	65,0	86,4 ±	21,2	143,6 ±	27,3
nov/81	75,1 ±	22,9	73,7 ±	14,2	99,9 ±	33,6
dez/81	153,5 ±	68,2	90,7 ±	22,1	141,9 ±	34,7
jan/82	144,8 ±	71,2	112,1 ±	22,7	131,3 ±	31,1
fev/82	172,5 ±	64,1	284,3 ±	64,2	164,9 ±	55,8
mar/82	385,8 ±	128,2	330,4 ±	84,7	182,6 ±	58,4
abr/82	592,3 ±	204,5	766,4 ±	130,1	350,9 ±	81,6
mai/82	447,2 ±	130,4	1.238,6 ±	206,6	602,2 ±	122,1
jun/82	612,0 ±	131,8	1.054,4 ±	150,7	553,5 ±	132,2
jul/82	421,8 ±	98,2	886,7 ±	114,1	1.237,7 ±	168,3
ago/82	632,0 ±	171,7	848,7 ±	102,9	1.598,9 ±	169,0
set/82	1.054,1 ±	343,3	290,3 ±	50,0	838,8 ±	221,0
TOTAL 2º ano	4.923,6		6.062,7		6.046,2	
MÉDIA	4.690,8		5.821,8		5.681,7	

TABELA 6 - Dados climáticos coletados na região do experimento e no Posto Meteorológico da CAFMA, em Agudos, no período de outubro/80 a setembro/82.

MESES	Precipitação mensal (mm)	TEMPERATURAS (°C)		
		médias	máx.absolutas	mín.absolutas
1980/81				
outubro	58,0	23,8	30,5	17,1
novembro	171,0	24,8	30,4	19,2
dezembro	293,0	24,9	29,9	20,0
janeiro	359,0	25,4	27,2	20,9
fevereiro	66,0	26,1	31,7	20,6
março	38,0	25,3	31,1	19,4
abril	63,0	23,3	28,8	17,8
maio	33,0	22,1	28,4	15,7
junho	112,0	18,0	24,3	11,4
julho	10,0	16,7	24,0	9,5
agosto	38,0	19,8	27,6	12,0
setembro	24,0	22,9	30,6	14,1
Total	1.265,0	Média Mensal 22,7	28,5	
1981/82				
outubro	207,2	22,2	28,6	15,8
novembro	181,4	24,5	31,2	17,8
dezembro	217,9	23,8	29,3	18,0
janeiro	302,2	24,0	29,9	18,2
fevereiro	246,0	25,4	31,8	19,0
março	282,3	24,4	29,9	18,6
abril	76,4	22,5	29,1	15,7
maio	92,7	20,0	27,2	12,7
junho	184,9	20,0	27,0	13,1
julho	35,5	20,2	27,7	12,7
agosto	40,7	22,5	29,7	15,3
setembro	40,4	28,0	30,8	17,2
Total	1.605,4	Média Mensal 23,1		

Durante o verão, onde a precipitação pluviométrica tem seus maiores valores, a deposição manteve-se em níveis baixos, nos três tratamentos.

Devido à variação observada no padrão de deposição de folheto, em função da espécie, foi elaborado o gráfico da Figura 12, onde é possível observar-se o comportamento de cada tipo de talhão florestal em relação deposição foliar (média dos dois anos de observação).

A composição do folheto depositado nas bandejas, no povoamento misto, era muito variada em função da época do ano. Por esse motivo, a partir de outubro de 1981, as frações do folheto passaram a ser separadas segundo a espécie. Esta prática teve como objetivo verificar a porcentagem da fração do folheto depositado mensalmente, como mostra a Tabela 7.

O padrão de deposição das acículas de *Pinus* é ligeiramente alterado, quando se observa a deposição no talhão puro e no misto, como mostra a Figura 13.

A deposição de folhas de *Liquidambar* tem seu padrão de queda alterado, quando consorciado, em relação à deposição no talhão puro (vide Figura 14).

da época do ano e das condições climáticas.

Nota-se através da Tabela 6, que os períodos de janeiro a março de 1981 e de novembro de 1981 a março de 1982, foram os meses mais quentes, com máximas absolutas de $31,7^{\circ}$ e $31,8^{\circ}$, respectivamente.

Quanto à pluviosidade, nota-se que no primeiro ano de observação, o período mais chuvoso ocorreu nos meses de novembro a janeiro, enquanto que no segundo ano de observação, a precipitação foi mais intensa e prolongada, com valores, em média, acima de 200 mm, desde outubro de 1981 até março de 1982.

As Figuras 9, 10 e 11 mostram as variações na deposição de folheto, em função das variações climáticas, nos três tipos de talhões florestais.

A deposição de acículas de *Pinus* no povoamento puro foi mais acentuada no período de agosto a setembro (meses de baixa precipitação pluviométrica).

A deposição de folhas de *Liquidambar* no povoamento puro foi maior, de uma forma geral, nos meses de março a agosto (vide Figura 10).

No povoamento misto, o pico de deposição ocorreu em meses diferentes para os dois anos de observação, como mostra a Figura 11. No primeiro ano de coleta, a deposição concentrou-se nos meses de abril, enquanto que, no segundo ano, o maior valor foi registrado no mês de agosto.

FIGURA 9. Deposição de acículas no talhão puro de *Pinus*, de outubro de 1980 a setembro de 1982. São apresentados, também, os valores das temperaturas médias e precipitações mensais correspondentes.

FIGURA 10. Deposição de folhas no talhão puro de *Liquidambar*, de outubro de 1980 a setembro de 1982.

FIGURA 11. Deposição de folhas e acículas no talhão misto no período de outubro de 1980 a setembro de 1982

FIGURA 12. Deposição de folheto nos talhões puros e mistos (média de dois anos de observação).

TABELA 7. Frações do folheto depositado no solo no povoamento misto de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Liquidambar styraciflua* no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

MESES	Quantidade (kg/ha) de acículas de <i>Pinus</i> média e desvio padrão	%	Quantidade (kg/ha) de folhas de <i>Liquidambar</i> média e desvio padrão	%
1981				
1982				
outubro	73,7 ± 18,3	51,3	69,9 ± 20,4	48,7
novembro	44,8 ± 21,1	44,8	55,1 ± 17,8	55,2
dezembro	74,3 ± 27,1	52,4	67,6 ± 10,7	47,6
janeiro	49,0 ± 28,7	37,3	82,3 ± 30,3	62,7
fevereiro	57,2 ± 38,2	34,7	107,7 ± 59,0	65,3
março	88,5 ± 60,7	48,4	94,1 ± 40,6	51,6
abril	93,6 ± 55,4	26,7	257,3 ± 96,7	73,3
maio	66,6 ± 37,7	11,1	535,6 ± 148,8	88,9
junho	106,5 ± 56,8	19,2	447,0 ± 135,0	80,8
julho	62,1 ± 26,9	5,0	1.175,6 ± 172,6	95,0
agosto	123,7 ± 42,0	77,0	1.475,2 ± 168,0	92,3
setembro	173,6 ± 66,5	20,7	665,2 ± 212,3	79,3
MÉDIAS		29,9		70,1
TOTAIS	1.013,6		5.032,6

FIGURA 13. Padrão de deposição de acículas de *Pinus* no talhão puro (A) e misto (B), no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

Valores obtidos através dos resultados das Tabelas 5 e 7.

FIGURA 14. Padrão de deposição de folhas de *Liquidambar* no talhão puro (A) e misto (B), no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

4.1.2. Concentração de nutrientes no folheto depositado

A concentração dos macronutrientes foi determinada a partir das folhas recolhidas mensalmente nas telas que, antes da análise, eram secas, pesadas e moídas.

Os resultados dos valores médios mensais obtidos de N, P, K, Ca e Mg são apresentados nas Tabelas 1, 2, 3, 4 e 5 do Apêndice, enquanto que as médias gerais são apresentadas na Tabela 8 do texto.

Os gráficos das Figuras 15, 16, 17, 18 e 19 foram elaborados a partir dos dados de concentração dos macronutrientes, no período de outubro de 1981 a setembro de 1982. Nesses gráficos é bem evidente, exceto para o elemento K, que as folhas de *L.styraciflua* do povoamento puro são as mais ricas em nutrientes, enquanto que as acículas de *Pinus* do povoamento puro apresentam os menores teores de N, P, Ca e Mg.

A análise do folheto do povoamento misto mostrou que a concentração dos macronutrientes tem valores intermediários. No caso do N e P, esses valores estão mais próximos dos obtidos no folheto do povoamento puro do liquidâmbar do que no do povoamento puro do pinheiro.

A Tabela 8 mostra que as folhas de *Liquidambar* do povoamento misto foram "empobrecidas" de N, Ca e Mg, enquanto que as acículas, nesse mesmo povoamento, foram "enriquecidas" de N, P e Mg.

TABELA 8. Concentração média anual dos macronutrientes depositados ao solo, via queda das folhas, no período de outubro de 1980 a setembro de 1982.

PERÍODO	ESPÉCIES	CONCENTRAÇÃO (%) DOS NUTRIENTES ($\bar{m}$)				
		N	P	K	Ca	Mg
out/80	<i>Pinus</i>	0,46	0,03	0,21	0,27	0,06
a	<i>Liquidambar</i>	0,83	0,05	0,21	0,61	0,22
set/81	Misto	0,71	0,05	0,21	0,49	0,16
	<i>Pinus</i> (Pp)	0,45	0,03	0,17	0,21	0,06
out/81	<i>Pinus</i> (Pm)	0,60	0,04	0,15	0,21	0,08
a	<i>Liquidambar</i> (Lp)	0,97	0,06	0,15	0,64	0,27
set/82	<i>Liquidambar</i> (Lm)	0,88	0,06	0,14	0,60	0,20
	Misto	0,74	0,05	0,14	0,48	0,16

LEGENDA:

Pp: Folhas de *Pinus* depositadas no talhão puro

Pm: Folhas de *Pinus* depositadas no talhão misto

Lp: Folhas de *Liquidambar* depositadas no talhão puro

Lm: Folhas de *Liquidambar* depositadas no talhão misto

M: Folhas de *Liquidambar* + *Pinus* depositadas no talhão misto

FIGURA 15. Concentração de nitrogênio (%) no material foliar decíduo, nos povoamentos puros e mistos no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

FIGURA 16. Concentração de fósforo (%) no material foliar decíduo nos povoamentos puros e mistos, no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

FIGURA 17. Concentração de potássio (%) no material foliar decíduo, nos povoamentos puros e mistos, no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

FIGURA 18. Concentração de cálcio (%) no material foliar decíduo, nos povoamentos puros e mistos, no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

FIGURA 19. Concentração de magnésio (%) no material foliar decíduo, nos povoamentos puros e mistos, no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

4.1.3. Nutrientes depositados

Com base nas quantidades mensais de folhagem depositadas sobre o solo nos talhões puros e mistos de *Pinus caribaea hondurensis* e *Liquidambar styraciflua* e nas respectivas concentrações de cada elemento, foram estimadas as quantidades de nutrientes depositadas mensalmente e calculados os valores médios anuais, que são apresentados na Tabela 9 do texto.

Os valores mensais são apresentados na Tabelas 6, 7, 8, 9 e 10 do Apêndice.

TABELA 9. Valores médios de deposição foliar e quantidades de nutrientes (kg/ha/ano) depositadas no solo dos talhões puros e mistos de *Pinus* e *Liquidambar*, no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

Período	Tipo de folheto	Deposição anual (kg/ha)	QUANTIDADE DE NUTRIENTES (kg/ha/ano)				
			N	P	K	Ca	Mg
Outubro/80	<i>Pinus caribaea</i> hond.	4.458,1	20,33	1,13	9,94	12,73	2,84
a	<i>L. styraciflua</i>	5.580,9	40,55	2,56	10,93	37,42	12,71
Setembro/81	Misto	5.317,2	35,03	2,49	11,11	30,85	9,74
Outubro/81	<i>Pinus</i> puro (Pp)	4.923,6	21,03	1,27	8,52	9,69	2,64
a	<i>Pinus</i> misto (Pm)	1.013,6	6,02	0,43	1,57	2,01	0,81
	<i>Liquidambar</i> puro (Ip)	6.062,7	46,46	2,93	6,51	41,26	18,37
Setembro/82	<i>Liquidambar</i> misto (Im)	5.032,6	35,68	2,26	5,99	33,17	11,57
	Misto	6.046,2	39,75	2,69	8,31	34,93	12,54
Média dos dois anos	<i>Pinus caribaea</i> hond.	4.690,8	20,67	1,55	9,23	11,21	2,74
	<i>L. styraciflua</i>	5.821,8	43,51	2,75	8,72	39,34	15,54
	Misto	5.681,7	37,39	2,59	9,71	32,89	11,14

4.2. Nutrientes depositados através da água da chuva e da água de precipitação interna.

4.2.1. Interceptação das copas e conteúdo de K e Mg na água de precipitação interna e na água da chuva coletada a céu aberto

As copas das árvores interceptaram a água da chuva, de forma distinta, em função da época do ano e do tipo de povoamento florestal. Os dados mensais de precipitação a céu aberto e precipitação interna são apresentados na Tabela 10. A partir dos dados da Tabela 10 foi estimada a interceptação mensal e anual da água da chuva pelas copas.

A análise da água da chuva que atravessou a copa das árvores nos talhões em estudo foi realizada para todos os macronutrientes. No entanto, os resultados apresentados na Tabela 11 referem-se apenas aos elementos potássio e magnésio. No caso do elemento fósforo, os dados obtidos não apresentaram confiabilidade devido a problemas de metodologia. O volume de água coletado semanalmente não foi suficiente para uma determinação do nitrogênio amoniacal, de forma satisfatória, bem como o método empregado não apresentou a confiabilidade desejada. A concentração do elemento cálcio na água da chuva, tanto dentro dos povoamentos como a céu aberto, apresentou durante três meses, valores excessivamente altos, para os quais não foram encontradas justificativas.

TABELA 10. Valores de precipitação pluviométrica (mm) e precipitação interna (mm e %) nos povoamentos puros e mistos de *Pinus* e *Liquidambar* no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

MESES	PPT (mm)	P R E C I P I T A Ç Ã O				I N T E R N A	
		<i>Pinus</i> (mm)	(%)	<i>Liquidambar</i> (mm)	(%)	Misto (mm)	(%)
out/81	207,2	168,3	81,2	182,2	87,9	161,8	78,1
nov/81	181,4	153,4	84,5	145,2	80,0	151,0	80,0
dez/81	217,9	161,3	74,0	163,3	74,9	168,5	77,3
jan/82	302,2	224,5	74,3	234,9	77,7	223,4	73,9
fev/82	246,0	196,1	79,7	203,5	82,7	213,6	86,8
mar/82	282,2	216,4	76,7	219,7	77,8	208,4	73,8
abr/82	76,4	63,1	82,3	67,5	88,3	63,7	83,4
mai/82	92,7	79,9	86,2	79,8	86,1	77,6	86,1
jun/82	184,9	155,7	84,4	154,1	83,3	148,0	80,0
jul/82	35,5	27,1	76,3	26,1	73,5	27,9	78,6
ago/82	40,7	30,4	74,6	33,1	81,3	31,6	77,6
set/82	40,4	24,0	59,4	26,0	64,3	29,8	73,7
MÉDIA			77,8		79,8		79,1

Os dados de concentração de cálcio e de nitrogênio amoniacal são apresentados nas Tabelas de 11 a 14 do Apêndice, para futuras comparações.

Para melhor visualização do efeito da lixiviação foliar do potássio e do magnésio foram elaborados os gráficos das Figuras 20 e 21.

FIGURA 20. Concentração média de potássio (ppm) na água de precipitação interna e na água da chuva, no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

FIGURA 21. Concentração média de magnésio (ppm) na água de precipitação interna e na água da chuva, no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

Com base na quantidade de água coletada no interior dos povoamentos e nos coletores dispostos a céu aberto, e conhecendo-se a concentração de K e Mg das amostras resumidas na Tabela 11, foram estimadas as quantidades de potássio e magnésio adicionadas nos povoamentos, via água da chuva. Estes resultados são apresentados na Tabela 12.

TABELA 11. Concentração de potássio e magnésio na água de Precipitação Interna e na água da Chuva coletada a céu aberto, no período de outubro de 1981 a setembro de 1982 (ppm)

MESES	PPT	TIPOS DE COBERTURAS FLORESTAIS							
		<i>Pinus</i>		<i>Liquidambar</i>		Misto		Chuva	
		K	Mg	K	Mg	K	Mg	K	Mg
out/81	207,2	1,43	0,29	1,32	0,28	1,57	0,24	0,34	0,18
nov/81	181,4	1,30	0,15	1,35	0,18	1,17	0,18	0,10	0,12
dez/81	217,9	1,02	0,12	0,75	0,18	0,87	0,15	0,06	0,12
jan/82	302,2	0,56	0,12	0,56	0,20	0,80	0,20	-	0,24
fev/82	246,0	0,96	0,20	0,50	0,29	0,85	0,25	0,20	0,12
mar/82	282,2	0,65	0,12	0,40	0,31	0,35	0,12	0,10	0,12
abr/82	76,4	1,40	0,25	1,50	0,75	0,60	0,37	0,20	0,12
mai/82	92,7	1,40	0,12	2,30	2,50	1,70	0,75	0,30	0,12
jun/82	184,9	1,10	0,12	1,00	0,49	1,06	0,25	0,23	0,08
jul/82	35,5	3,00	0,49	3,20	1,53	2,43	1,16	0,56	0,28
ago/82	40,7	3,15	0,50	2,80	1,37	6,45	1,12	0,70	0,25
set/82	40,4	9,95	1,74	12,30	2,06	5,26	1,75	1,65	0,49
MÉDIAS		2,16	0,35	2,33	0,84	1,92	0,54	0,37	0,18

TABELA 12. Quantidades (kg/ha) de potássio e magnésio na água de Chuva e na água de Precipitação interna, no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

MESES	QUANTIDADE DE NUTRIENTES (Kg/ha/mês)							
	<i>Pinus</i>		<i>Liquidambar</i>		Misto		Chuva	
	K	Mg	K	Mg	K	Mg	K	Mg
out/81	2,32	0,56	1,82	0,37	2,43	0,39	0,80	0,48
nov/81	0,95	0,19	1,41	0,28	0,91	0,19	0,01	0,21
dez/81	1,86	0,19	1,06	0,27	1,20	0,25	0,04	0,14
jan/82	0,62	0,27	0,47	0,36	0,65	0,34	-	0,36
fev/82	1,40	0,19	0,78	0,53	1,07	0,39	0,49	0,29
mar/82	1,23	0,26	1,01	0,76	0,67	0,25	0,28	0,34
abr/82	0,88	0,11	1,01	0,84	0,38	0,23	0,15	0,09
mai/82	1,12	0,09	1,84	2,00	1,32	0,58	0,28	0,11
jun/82	1,84	0,13	1,42	0,67	1,45	0,37	0,40	0,12
jul/82	0,59	0,07	0,79	0,35	0,60	0,24	0,15	0,08
ago/82	0,96	0,15	0,92	0,45	1,09	0,35	0,28	0,10
set/82	1,21	0,21	1,50	0,27	1,14	0,30	0,40	0,12
TOTALS	14,98	2,63	14,04	7,16	12,92	3,90	3,30	2,47

4.2.2. Características físicas da água de precipitação interna e da água da chuva.

As características físicas da água estudadas foram: pH, condutividade, cor, turbidez e alcalinidade. Os resultados das análises semanais são apresentados nas Tabelas 12, 13, 14 e 15 do Apêndice, enquanto que as médias, valores mínimos e máximos são apresentados na Tabela 13 do texto.

A água de precipitação interna apresentou características físicas distintas daquela coletada a céu aberto, porém, entre os povoamentos, as diferenças foram, em geral, não significativas, com grande variabilidade entre amostras e variações sazonais.

TABELA 13. Características físicas médias da água da chuva e da água de precipitação interna, nos talhões puros e mistos de *Pinus* e *Liquidambar*, no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

Tipo de cobertura		pH	Condutividade unho/cm	Cor	Turbidez FTU	Alcalinidade (ml)
<i>Pinus</i>	$\bar{m}$	5,5	43,7	29,8	2,93	0,47
	min.	4,7	13,2	5,0	0,73	0,03
	máx.	6,8	270,0	160,0	6,00	4,00
<i>Liquidambar</i>	$\bar{m}$	6,0	41,6	46,8	1,99	0,62
	min.	5,0	14,0	10,0	0,60	0,05
	máx.	6,7	175,0	180,0	8,50	2,74
Misto	$\bar{m}$	5,8	45,5	40,6	2,02	0,52
	min.	4,8	13,2	10,0	0,55	0,02
	máx.	6,7	337,0	150,0	6,90	2,12
No aberto	$\bar{m}$	5,4	21,3	11,7	1,73	0,25
	min.	4,8	11,2	5,0	0,60	0,02
	máx.	6,3	67,0	35,0	4,75	1,35

4.3. Concentração de nutrientes no folheto acumulado.

Foram realizadas duas coletas do folheto acumulado: uma em maio de 1982 e outras em novembro de 1982. Os resultados da concentração média de macronutrientes obtidos das amostras estão resumidos na Tabela 14.

TABELA 14. Concentração média (%) de macronutrientes no folheto acumulado.

ÉPOCA DE COLETA	TIPO DE FOLHETO	CONCENTRAÇÃO (%) DE NUTRIENTES				
		N	P	K	Ca	Mg
maio/82	<i>Pinus</i>	0,55	0,03	0,06	0,32	0,06
	<i>Liquidambar</i>	0,88	0,05	0,06	0,61	0,16
	Misto	0,88	0,06	0,05	0,57	0,19
novembro/82	<i>Pinus</i>	0,62	0,02	0,09	0,33	0,07
	<i>Liquidambar</i>	0,85	0,04	0,07	0,63	0,17
	Misto	0,80	0,04	0,09	0,64	0,17
MÉDIAS	<i>Pinus</i>	0,59	0,03	0,08	0,33	0,07
	<i>Liquidambar</i>	0,86	0,05	0,07	0,62	0,17
	Misto	0,84	0,05	0,07	0,65	0,18

4.4. Estimativa da velocidade de decomposição das serapilheiras.

Os resultados médios da perda gradativa de peso das serapilheiras dos povoamentos puros e mistos estudados são apresentados na tabela 15. O gráfico da figura 22, no entanto, permite uma visualização melhor do padrão de decomposição de cada tipo de piso florestal. (Os dados parciais de coleta são apresentados na Tabela 19 - Apêndice)

TABELA 15. Peso médio de amostras de serapilheiras coletadas nos estágios de 0,6,12 e 20 meses de decomposição, sem adição de novo material, no período de novembro de 1981 a julho de 1983.

ESTÁGIO DE DECOMPOSIÇÃO		PESO MÉDIO DAS SERAPILHEIRAS (gramas)		
		<i>Pinus</i>	<i>Liquidambar</i>	Misto
Instalação (T_0)		46,73 a	35,55 ab	36,08 ab
6 meses (T_6)		44,62 a	29,21 bc	26,16 cd
12 meses (T_{12})		36,37 ab	22,08 cd	18,68 cde
20 meses (T_{20})		25,99 bc	12,73 de	8,40 e

(Teste Tukey 5%)

Após 20 meses de decomposição a porcentagem de material decomposto, em cada tipo de povoamento, em relação ao peso inicial foi de 48% para o povoamento puro de *Pinus*, 68% para o povoamento puro de *Liquidambar* e de 77% para o povoamento misto.

Tomando-se como base a velocidade real de decomposição pode-se estimar o tempo médio que cada tipo

de serapilheira levou ou levaria para decompor 50% de seu material orgânico acumulado. Assim sendo, no povoamento misto, foram necessários 11 meses para decompor 50% do folheto acumulado, no povoamento puro de *Liquidambar*, 15 meses, enquanto que no povoamento puro de *Pinus*, após 20 meses, o peso do material ainda não tinha atingido 50% do peso inicial.

As amostras de serapilheira coletadas em diversos estágios de decomposição foram também analisadas quanto ao seu conteúdo de nutrientes. As médias dos resultados obtidos nestas análises estão representadas nos gráficos das Figuras 23 e 24. Nota-se que a medida que o folheto se decompõe, sem adição de novo material, as concentrações dos elementos se alteram: o N e o P têm seus teores aumentados na serapilheira em decomposição; o Ca e o Mg decrescem e o elemento K, nos primeiros 6 meses decresce e depois tende a se elevar, porém, de forma irregular.

FIGURA 22. Porcentagem de material remanescente após cada período de decomposição, em condições naturais de campo e sem adição de novo material.

Obs: Para 50% de decomposição foram necessários:

- 11 meses no talhão misto;
- 15 meses no talhão puro de *Liquidambar styraciflua* mais de 20 meses no talhão puro de *Pinus caribaea hond.*

FIGURA 23. Concentração de nitrogênio, fósforo e potássio (%), nas serapilheiras dos povoamentos puros e mistos em decomposição, sem adição de novo material, no período de novembro de 1981 a julho de 1983.

4.4. Análise física e química do solo sob os talhões experimentais

A Tabela 16 apresenta os resultados da análise física de amostras de solo, coletadas em diferentes profundidades (0-50 e 100 cm), nos talhões experimentais.

TABELA 16. Análise física de amostras do solo nos talhões de *Pinus* puro (Pp); *Liquidambar* puro (Lp) e Misto (M), coletadas na camada superficial, a 50 e 100 cm de profundidade.

Profundidade (cm)	Tratamentos	Areia 2-0,005 (%)	Limo (%)	Argila (%)
0,0- 5,0	(Pp)	86,5	5,1	11,2
	(Lp)	86,8	5,7	9,1
	(M)	87,2	3,2	12,8
50	(Pp)	83,9	2,9	21,0
	(Lp)	84,6	3,7	19,7
	(M)	81,6	6,0	20,7
100	(Pp)	77,6	8,0	23,7
	(Lp)	79,3	4,6	26,1
	(M)	81,2	4,8	23,9

Observa-se que, com o aumento da profundidade, o teor de areia tende a diminuir, enquanto se nota um aumento na porcentagem de argila. Esses resultados estão de acordo com um levantamento detalhado feito por RANZANI (1971), onde o autor constatou que os solos desta região são constituídos por areia barrenta, nos primeiros 50 cm, com coloração pardo-avermelhada, passando a barro-arenoso, abaixo de 70 cm de profundidade.

A análise química do solo mostrou alterações na camada superficial, em função do tipo de povoamento florestal. Os resultados com as médias e valores estatísticos são apresentados na Tabela 18.

Observa-se que o solo nas camadas mais profundas, de 50 e 100 cm, não apresentou variações químicas, porém, na camada superficial, os povoamentos de *L. styraciflua* e misto tendem a elevar os teores de carbono orgânico. Todavia, na camada superficial do talhão puro de *Pinus caribaea hond.* nota-se um teor significativamente maior de cálcio.

TABELA 17. Análise química do solo coletado a 0,5-50 e 100 cm de profundidade, nos talhões puros e mistos de *Pinus caribaea* var. *hond.* e *Liquidambar styraciflua*.

TEOR TROCÁVEL, EM MILEQUIVALENTES/100 ml DE TERRA									
Profundi- dade (cm)	pH	Carbano orgânico %	PO ₄ ³⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Al ³⁻	H ⁺	
<i>Pinus caribaea hond.</i>	0-5	4,2	0,60 a	0,06 a	0,15 b	0,48 a	1,28 a	4,06 a	
	50	4,0	0,24	0,03	0,16	0,56	1,12	2,56	
	100	4,2	0,30	0,03	0,16	0,54	0,88	2,24	
<i>Liquidambar styraciflua</i>	0-5	4,1	0,79 a	0,06 a	0,08 a	0,45 a	1,52 a	5,36 a	
	50	4,2	0,33	0,03	0,16	0,48	0,88	2,24	
	100	4,2	0,30	0,03	0,16	0,32	0,88	2,24	
Misto	0-5	4,1	0,77 a	0,06 a	0,10 a	0,42 a	1,50 a	5,32 a	
	50	4,2	0,33	0,03	0,16	0,32	0,96	2,24	
	100	4,2	0,24	0,03	0,16	0,64	0,88	2,24	

(Teste Tukey 5%)

5. DISCUSSÃO

5.1. Deposição de nutrientes através do folheto.

Através dos resultados expressos na Tabela 19, observa-se que a média dos dois anos de coleta para a deposição de folheto foi de 4.690,8 kg/ha no talhão puro de *Pinus*, de 5.821,8 kg/ha no talhão puro de *Liquidambar* e de 5.681,7 kg/ha no talhão misto.

Os valores de deposição observados para o talhão puro de *Pinus* estão um pouco abaixo dos obtidos em outras plantações de pinheiros da mesma região e não confirmam os resultados obtidos por outros pesquisadores dentre eles: POGGIANI (1985), ENGUJOBI & ONWELUZO (1979) e DELITTI (1984), que observaram uma maior deposição de folheto pelas coníferas, quando comparadas com folhosas.

POGGIANI (1985) observou uma deposição anual de acículas de 7.131 kg/ha em plantações de *Pinus oocarpa* e de 8.373 kg/ha em plantações de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, na mesma região de Agudos, porém, os povoaamentos eram mais velhos (14 anos) e já haviam sido desbastados duas vezes.

Quanto à deposição de folheto no plantio misto, observou-se uma maior proporção de folhas de *Li-*

TABELA 18. Alguns trabalhos sobre produção de serapilheira e quantidade de nutrientes em kg/ha/ano e acúmulo em kg/ha.

Obs: F- folhas e T- total

Tipo de Floresta	Local	Produção Serapilheira	Acúmulo	QUANTIDADE DE NUTRIENTES (kg/ha/ano)					Fonte
				N	P	K	Ca	Mg	
<i>Pinus radiata</i>	Sul da África	F 2.645 T 3.721	mín. 4.806 máx. 7.395	17,4	0,9	5,2	12,5	7,5	VERSFELD (1981)
<i>Pinus caribaea</i>	Nigéria	F 5.767 T		26,2	0,6	14,0	35,5	10,8	ENGLEJOBI & ONWELIZO (1979)
<i>Pinus eliottii</i>	Mogi-Guaçu (SP)	F 7.065 T	20.200	37,3	1,1	3,1	24,3	5,2	DELITTI (1984)
<i>Pinus oocarpa</i>	Agudos (SP)	F 7.131 T	19.400	36,7	1,9	13,7	12,7	4,5	POGGIANI (1985)
<i>P. caribaea hond.</i>	Agudos (SP)	F 8.373 T	20.200	43,7	2,2	22,2	20,4	6,4	POGGIANI (1985)
<i>P. caribaea hond.</i>	Agudos (SP)	F 4.690 T	11.690	20,7	1,5	9,2	11,2	2,7	Este estudo
Semi-decídua úmida	Ghana	F 10.500 T	2.264	199,0	7,3	6,8	206,0	45,0	NYE (1961)
de Virelle	Bélgica	F		62,0	4,7	53,0	127,0	13,0	DUVIGNAUD & DENAENDRE (1971)
Mata terra firme	Manaus (AM)	F 5.600 T 7.400		114,0	2,1	12,7	18,4	12,6	KLINGS & RODRIGUES (1968)
Tropical úmida	Panamá	F 9.811 T 11.350	mín. 2.910 máx. 6.780	8,6	128,7	239,7	22,2		COLLEY et alii (1975)
Mesófila Secundária	São Paulo (SP)	F 5.800 T 9.410	ago 7.785 fev 5.441	186,0	9,4	38,8	104,5	18,2	MEGURO et alii (1975)
Mata Mesófila	Rio Claro (SP)	F 8.643 T	5.713	197,7	6,8	48,3	148,9	27,3	PAGNO (1985)
Mata ciliar	Mogi-Guaçu (SP)	F 4.600 T 6.687	11.333	107,4	4,7	29,3	51,6	17,2	DELITTI (1984)
Cerrado	Brasília (DF)	F 2.415 T		-	0,8	4,8	3,6	3,0	SILVA (1983)
Cerrado (campo)	Mogi-Guaçu (SP)	F 3.210 T	8.180	42,6	2,0	9,5	19,6	5,8	DELITTI (1984)
Cerrado	Lerqóis Paul. (SP)	F 6.740 T 10.503		138,7	7,2	54,1	155,9	22,4	CARPANEZZI (1980)
Cerrado	Brasília (DF)	F		0,9	0,1	0,2	0,3	0,1	PERES et alii (1983)
Cerrado	Brasília (DF)	F		0,8	0,1	0,2	0,3	0,1	PERES et alii (1983)
<i>E. grandis</i>	Lerqóis Paul. (SP)	F 4.687 T 7.568		32,5 39,8	2,3 2,9	9,5 11,3	24,5 34,9	11,7 15,7	CARPANEZZI (1980)
<i>E. saligna</i>	Piracicaba (SP)	F 4.490 T		27,3	2,2	16,7	44,0	9,2	POGGIANI (1985)
Mista com <i>Liquidambar</i>	Sul dos EUA	F 3.763 T 6.448	mín. 12.064 máx. 15.480	37,1	4,1	16,8	46,2	8,0	PETERSON et alii (1979)
<i>Liquidambar</i>	Agudos (SP)	F 5.820 T	8.887	43,5	2,7	8,7	39,3	15,5	Este estudo
Misto (<i>Pinus+Liquidambar</i>)	idem	F 5.688 T	9.020	37,3	3,2	9,7	32,9	11,4	Este estudo

liquidambar em relação às de *Pinus*, em alguns meses, chegando a atingir mais de 90% do material decíduo e mantendo uma média de 70% (Vide Tabela 7).

A dominância do *Liquidambar* no plantio misto com o *Pinus* foi observada também nas características dendrométricas. Verifica-se, por exemplo (Tabela 4), que em dezembro de 1982, a consorciação não havia afetado a altura média das árvores, todavia, o *Liquidambar* no talhão misto apresentava um diâmetro 63% superior, em relação às árvores do plantio puro, dominando nitidamente as árvores de *Pinus*.

Estes resultados são condizentes com os estudos de biomassa realizados por DRUMOND (1985), na mesma área experimental. Segundo este autor, o índice de área foliar para as duas espécies foi afetado pelo plantio misto. As árvores de *Pinus*, quando plantadas em parcelas mistas com *Liquidambar*, apresentaram um decréscimo de 2,4 vezes, na superfície foliar individual, enquanto que as árvores de *Liquidambar*, também em parcelas mistas, apresentaram um acréscimo na superfície foliar individual de 4,0 vezes, em relação às árvores em parcelas puras.

A Tabela 18 permite observar também que outros estudos de deposição de serapilheira, entre eles os de KLINGE & RODRIGUES (1968), GOLLEY *et alii* (1979), LUIZÃO (1982), têm mostrado que as folhas constituem-se no mais importante componente do material orgânico decíduo, principalmente em florestas plantadas na fase inicial de crescimento.

Quanto à sazonalidade na deposição de folheado, observa-se, pelas Figuras 9, 10, 11 e 12 que, no período de outubro a março (meses de alta pluviosidade e altas temperaturas), a deposição foi menor em todos os talhões, se comparada com o período de abril a setembro.

Apesar da tendência geral de maior deposição durante o outono-inverno, observada nos talhões, cada espécie teve seu padrão de deposição característico em função das condições climáticas e edáficas de Agudos.

No talhão puro de *Pinus*, a maior deposição ocorreu nos meses de agosto e setembro, quando a precipitação atingia seus menores valores e logo após os meses mais frios do ano (junho e julho). Desde abril no entanto, a deposição tendeu a aumentar os seus valores, sugerindo o que os autores chamam de "hardening" ou preparação do vegetal para o período menos favorável do ano de temperaturas baixas. Este fenômeno foi observado também por DELITTI (1982), em florestas de *Pinus elliottii*, em Mogi Guaçu, Estado de São Paulo.

No talhão puro de *Liquidambar*, houve variações de deposição entre os dois anos de observações (vide Figura 10). No primeiro ano, a precipitação teve valores mais baixos desde fevereiro, o que pode ter influenciado a maior deposição de março a maio; ao passo que, no segundo ano, quando a precipitação foi mais elevada (Tabela 6), o pico de deposição ocorreu somente durante o mês de maio.

Este padrão de deposição do *Liquidambar* é típico de espécies caducifólias e difere do padrão observado em outras plantações de folhosas, como por exemplo do *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*, estudados respectivamente por POGGIANI (1985) e CARPANEZZI (1980). Estes autores observaram uma maior deposição nos meses chuvosos e quentes do verão. POGGIANI (1985) sugere que a maior deposição de folheto neste período seria decorrente da translocação de compostos orgânicos e nutrientes das folhas mais velhas para as folhas novas, em fase de crescimento.

O povoamento misto no segundo ano de observações (outubro de 1981 a setembro de 1982) apresentou dois picos de deposição, um em maio e outro em agosto. Nota-se pelas Figuras 13 e 14, que o padrão de deposição das acículas de *Pinus*, no plantio misto, não teve alterações significativas, se comparado com o plantio puro. No entanto, as árvores de *Liquidambar* alteraram o padrão de deposição: no plantio puro, as folhas de *Liquidambar* foram depositadas com maior intensidade em maio, enquanto que no plantio misto, as folhas ficaram retidas nas copas por mais tempo (até julho-agosto), quando ocorreu a maior deposição. Pela análise dos dados, percebe-se que o segundo pico de deposição, no talhão misto, foi fortemente influenciado pelas folhas de *Liquidambar*, cuja proporção no folheto chegou até 95%.

Há evidências, portanto, de que no talhão misto, o *Liquidambar*, por dominar o *Pinus*, estaria subme-

tido a uma menor competição, principalmente por água no solo. Por outro lado, no plantio puro, o *Liquidambar* entraria mais cedo em competição intra-específica por água, antecipando a derrubada das folhas. Isto leva a crer que a dominância observada do *Liquidambar* sobre o *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, ocorra em função da maior tolerância do *Liquidambar* às condições climáticas da região de Agudos, que se encontra numa faixa limítrofe entre a região sub-tropical e temperada.

As quantidades de folheto depositado e as respectivas concentrações dos nutrientes permitiram estimar a deposição de nutrientes nos talhões experimentais (Tabela 9).

Essas concentrações se alteraram ao longo dos meses, variando de elemento para elemento, como se pode observar nos gráficos das Figuras 15, 16, 17, 18 e 19.

Por exemplo, os elementos N, P e K evidenciam maiores concentrações nos meses de verão, ao passo que o cálcio e magnésio tendem a aumentar os valores de concentração nos meses de outono-inverno, nas folhas caducas de *Liquidambar styraciflua*.

Em relação às médias gerais de concentração dos nutrientes no folheto de cada talhão, observa-se, pela Tabela 8, que o *Liquidambar* apresentou valores mais elevados para quase todos os elementos estudados.

Observa-se, também, que o folheto do povoamento misto apresentou concentrações intermediárias, mas

sempre mais próximas às concentrações observadas no talhão puro de *Liquidambar*. Isto evidencia a influência desta espécie, que enriquece em nutrientes o folheto depositado no talhão misto.

Portanto, o efeito da consorciação reflete-se não apenas sobre o folheto do talhão misto como um todo (acícula + folhas), mas afeta diretamente o ciclo bioquímico das árvores, alterando as concentrações dos nutrientes nas folhas decíduas. DRUMOND (1985), analisando a biomassa, nos mesmos talhões utilizados neste experimento, assinalou variações de concentração nos diferentes componentes das árvores (folhas, ramos, casca e lenha), em virtude da consorciação.

As quantidades anuais dos nutrientes depositados, apresentadas na Tabela 9, revelam que a devolução ao solo de N, P, Ca e Mg é maior no talhão puro de *Liquidambar*, seguido do talhão misto. Entretanto, o talhão puro de *Pinus*, exceto para o elemento K, devolveu ao solo quantidades sempre inferiores de nutrientes. Esses resultados estão de acordo com os trabalhos realizados por COLE & HAPP (1981).

Com relação ao *Pinus*, as quantidades de nutrientes depositadas no talhão puro são inferiores às observadas por ENGUNJOBI & ONWELUZO (1979), DELITTI (1984) e POGGIANI (1985). Deve-se assinalar, todavia, que os resultados desses autores referem-se a povoamentos mais velhos, e plantados em condições ecológicas diferentes.

No caso do talhão de *Liquidambar*, apenas o trabalho de PETERSON *et alii* (1979) pode, com restrições, ser comparado com a presente pesquisa. Este autor estudou a deposição de nutrientes numa floresta natural, no sul dos EUA, onde a espécie *Liquidambar styraciflua* é dominante. Os resultados obtidos em Agudos, comparativamente, são inferiores para os elementos P, K e Ca porém, são superiores para o N e o Mg.

5.2. Deposição de nutrientes pela água de precipitação interna

A capacidade de interceptação da água da chuva pelas copas, bem como a própria estrutura do dossel da floresta, em função das características das espécies arbóreas, afetam a quantidade e qualidade da água que atinge o solo.

Observando os dados da Tabela 10, verifica-se que as espécies estudadas não apresentaram variações expressivas, quanto à porcentagem de interceptação das copas, durante os meses de outubro de 1981 a setembro de 1982.

O talhão puro de *Pinus*, em média, interceptou, com maior intensidade, a água da chuva (22,2%), quando comparado com o talhão puro de *Liquidambar* e com o talhão misto, que apresentaram respectivamente, 20,2% e 20,9% de interceptação, em relação à quantidade de água da chuva medida a céu aberto.

As perdas por interceptação são observadas mais nitidamente nos meses de inverno, durante o período de menor pluviosidade.

Os resultados obtidos por esta pesquisa diferem dos valores obtidos por LIMA & NICOLIELO (1983), que observaram uma interceptação mais reduzida (11,7%) em plantios puros de *Pinus caribaea hond.*, localizados na região de Agudos, porém, tratava-se de talhões com 13 anos de idade, e que já haviam sido submetidos a dois desbastes.

Quanto à deposição de nutrientes pela água de precipitação interna, observa-se, através da Tabela 11 e das Figuras 11 e 12, que o teor de potássio na água da chuva aumentou de 5 a 6 vezes, após interação com as copas, enquanto que o teor de magnésio aumentou de 2 a 4 vezes. O maior enriquecimento, tanto para o K, como para o Mg, foi observado no talhão puro de *Liquidambar styraciflua*.

Observa-se, também, que as concentrações dos elementos na água de precipitação interna são inversamente proporcionais às quantidades de água de precipitação interna. Assim sendo, os valores mais elevados são observados nos meses menos chuvosos de julho-agosto-setembro. Estes dados estão em concordância com os resultados observados por outros autores, dentre os quais destaca-se LIMA (1985), que analisou a qualidade da água em plantação de *Pinus caribaea* var *hondurensis*, na mesma região de Agudos.

A deposição de K, através da água de precipitação interna, variou nos diferentes talhões de 12,9 a

14,9 kg/ha/ano e a deposição de magnésio variou de 2,6 a 3,9 kg/ha/ano, sendo que na água coletada a céu aberto, os valores de K e Mg foram, respectivamente, de 3,3 e 2,4 kg/ha/ano.

Observa-se que os três talhões contribuíram para o enriquecimento da água da chuva em K, porém, o talhão puro de *Liquidambar* adicionou maior quantidade de Mg, vindo, em seguida, o misto e, finalmente, o *Pinus*.

Comparando-se as Tabela 9, de deposição de folheto, com a Tabela 12, de deposição de nutrientes pela água de precipitação interna, verifica-se que apenas para o K, a lixiviação foliar contribuiu mais expressivamente do que a deposição de folheto na adição deste elemento ao solo.

5.3. Decomposição do folheto

O acúmulo de folheto sobre o solo das florestas é condicionado, primeiramente, pela velocidade de decomposição e, em segundo lugar, pela quantidade de serapilheira depositada periodicamente.

A deposição de folheto é característica do tipo de floresta e a decomposição da serapilheira depende basicamente das condições climáticas e edáficas (OLSON, 1963).

A partir da coleta de folheto depositada so-

bre o solo, cujos valores estão expressos na primeira linha da Tabela 15, estimou-se a quantidade de folheto acumulado sobre o solo, nos três talhões (vide Tabela 19). Verifica-se que o talhão de *Pinus* apresentou o maior acúmulo de folhas, seguido pelo talhão misto e pelo talhão de *Liquidambar*.

Comparativamente, os valores observados no talhão de *Pinus* são inferiores aos mencionados por POGGIANI (1985) e DELITTI (1984), que estudaram o acúmulo de folheto em outras plantações de *Pinus* localizadas no Estado de São Paulo.

Também no talhão de *Liquidambar*, o folheto acumulado mostrou-se inferior ao mencionado por PETERSON *et alii* (1979), que estudaram florestas naturais de *Liquidambar styraciflua* localizadas no sul dos EUA.

Quanto à velocidade de decomposição, a Tabela 15 e a Figura 22 evidenciam o decréscimo mais acelerado do peso médio inicial das amostras de folheto coletadas no talhão misto.

Nota-se que, após 20 meses de decomposição, sem acréscimo de novo material, a porcentagem de material decomposto foi de 48% no talhão puro de *Pinus*; 68% no talhão puro de *Liquidambar* e 77% no talhão misto.

Estes dados estão de acordo com a literatura mundial, que confere às coníferas uma maior resistência à decomposição, devido às características químicas das acículas, particularmente ricas em polifenóis e resinas, que

Inibem a atividade dos decompositores. Como era esperado, a mistura do folheto de *Liquidambar* com o folheto de *Pinus* acelerou a decomposição no talhão misto, (vide figura 22).

Para a decomposição de 50% do peso médio inicial das amostras de serapilheira coletadas no talhão puro de *Liquidambar* foram necessários 15 meses ($t_{0,5}=1,25$); no talhão misto este tempo foi reduzido para 11 meses, neste caso, $t_{0,5}=0,91$.

Os resultados desta pesquisa com relação ao talhão puro de *Pinus caribaea* var. *hond.*, onde a decomposição de 50% do material deve ocorrer após 20 meses, estão de acordo com os cálculos efetuados por POGGIANI (1985), baseado em OLSON (1963), que estimou em 1,7 anos o tempo necessário para a decomposição de 50% do folheto num talhão desta mesma espécie, na região de Agudos (SP).

À medida que aumenta o tempo de decomposição, sem acréscimo de novo material, as concentrações dos elementos se alteram (Tabela 16 e Figuras 23 e 24).

O aumento do teor de N no folheto, que se verifica ao longo das sucessivas coletas, pode ser atribuído à redução da relação C/N, causada pela própria atividade dos microorganismos decompositores (MASON, 1980).

JORGENSEN *et alii* (1980), estudando povoaamentos de *Pinus taeda*, nos EUA, observaram que o conteúdo de N no piso florestal aumentava, após três anos de decomposição, sem adição de novo material, porém o conteúdo

desse elemento decrescia, quando era adicionado novo material vegetal.

O fósforo parece seguir a mesma tendência do nitrogênio, porém, as diferenças entre as coletas foram pequenas. Quanto ao potássio, pode-se observar uma nítida perda, provavelmente devido à lixiviação desse elemento, que é altamente móvel no ecossistema.

O cálcio e o magnésio também evidenciaram perdas, seguindo o próprio padrão de decomposição do folheto, nos diferentes talhões experimentais.

5.4. Reflexo da cobertura vegetal sobre as características do solo

Observando a Tabela 18, nota-se que o solo nas camadas mais profundas (56 cm) não sofreu alterações químicas evidentes. Porém, na camada superficial, percebe-se o reflexo do padrão de ciclagem biogeoquímica proporcionado pelas diferentes coberturas florestais.

As médias para os diferentes elementos, exceto para o Ca, não variaram significativamente. Entretanto, existem evidências claras de que o carbono orgânico e o fósforo tiveram seus teores aumentados na camada superficial do solo no talhão puro de *Liquidambar* e no talhão misto.

Todavia, estes resultados poderiam ter sido estatisticamente significativos, se tivesse sido realizada uma amostragem com maior número de repetições.

No caso do Ca, mesmo com reduzido número de amostras, ficou evidente, de forma significativa, o teor mais baixo desse elemento no solo superficial do povoamento de *Liquidambar*. Esse fato deve estar intimamente relacionado com o ciclo bioquímico desta espécie.

Com base nos dados de DRUMOND (1985), que utilizou os mesmos talhões experimentais para a estimativa de acúmulo de nutrientes na biomassa arbórea, pode-se dizer que, enquanto o acúmulo anual de cálcio nas árvores de *Pinus* foi de 15,4 kg/ha, nas árvores de *Liquidambar* foi de 22,7 kg/ha.

Isto evidencia a maior eficiência do *Pinus* em relação ao cálcio, quando comparado com o *Liquidambar*. Parece, portanto, pelos dados obtidos, que o liquidâmbar retira uma maior quantidade de cálcio da camada superficial do solo, o que justificaria o teor de cálcio nitidamente mais baixo, observado no solo superficial sobre o talhão de *Liquidambar*.

De uma maneira geral, pode-se dizer que a consorciação da *Liquidambar styraciflua* com o *Pinus caribaea hondurensis* proporcionou uma melhoria evidente em relação a algumas características, como por exemplo, aumento de carbono orgânico e aceleração do processo de decomposição do folheto. No entanto, outros aspectos da ciclagem de nutrientes, como por exemplo, o empobrecimento em Ca, da camada superficial do solo, precisariam ser melhor investigados e por um período mais prolongado. É preciso ressaltar que toda pesquisa em florestas necessita de períodos longos, abrangendo, pelo menos, o ciclo de vida da árvore, para obtenção de resultados definitivos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELARDO, E.A. et alii Comportamento de *Liquidambar styraciflua* L. en el Delta del Paraná. *IDIA. Suplemento Florestal*, Buenos Aires, (5): 1-10, 1968/69.

ABER, J.D. & MELILLO, J.M. Litter decomposition: measuring relative contributions of organic matter and nitrogen to forest soils. *Canadian Journal of Botany*, Madison 58(4):416-21, 1980.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Standard methods for the examination of water and sewage*. 19.ed. s.l.p., 1949. 286p.

ASHTON, D.H. Studies of litter in *Eucalyptus regnans* forests. *Australian Journal of Botany*, Melbourne, 23: 413-33, 1975.

ATTIWILL, P.M. The chemical composition of rain water in relation to cycling of nutrients in nature *Eucalyptus* in forest. *Plant and Soil*, 24(3):390-406, 1966.

ATTIWILL, P.M. Nutrient cycling in a *Eucalyptus obliqua* forest. 3: growth biomass and net primary production. *Australian Journal of Botany*, Melbourne, 27:433-58, 1979.

BALLARD, R. & WILL, G.M. Accumulation of organic matter and nutrients under a *Pinus radiata* stand. *New Zealand Journal of Forestry Science*, Rotorua, 11(2):145-51, 1981.

- BARRET, W.H.G. & GOLFARI, L. Description de dos nuevas variedades del pino del Caribe. *Caribbean Forestes*, Rio Piedras, 23(2):59-71, 1962.
- BASTARDO, H.; ESTEVES, A.; FLORES, D.A. Desaparicion de matéria organica en un bosque cultivado de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Venezuela. In: REGIONAL COLLOQUIUM ON SOIL ORGANIC MATTER STUDIES, Piracicaba, 1982. *Proceedings*. Piracicaba, CENA, 1982. p.65-71.
- BELL, D.T. et alii Dynamics of litter fall, decomposition, and incorporation in the streamside forest ecosystem. *OIKOS*, Copenhagen, 30(1):76-82, 1978.
- BERNHARD-REVERSAT, F. Nutrients in troughfall and their quantitative importance in rain forest mineral cycles. In: GOLLEY, F.B. & MEDINA, E. *Tropical Ecological Systems*. Berlin, Springer-Verlag, 1975. p.153-9.
- BILAN, M.V. Rooting of sweetgum (*Liquidambar styraciflua*) cuttings. *New Zealand Journal of Forestry*, Rotorua, 4(2):177-80, 1978.
- BRAY, R.J. & GORHAM, E. Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research*, London, 2: 101-57, 1964.
- BRINSON, M.M. et alii Litterfall, stemflow, and throughfall nutrient fluxes in an alluvial swamp forest. *Ecology*, 61(4):827-35, 19
- BRISCOE, C.B. *Sweetgum ... an american wood*. Washington, USDA. Forest Service, 1973. 6p.
- BROWN, C.L. Growth and form. In: TREES STRUCTURE FUNCTION Berlin, Springer-Verlag, 1971. cap. 3, p.125-30.

- BROWN, S. & LUGO, A.E. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. *Biotropica*, Fairfax, 14 (3): 161-87, 1982.
- CAMARGO, A.P. et alii Zoneamento da aptidão climática para culturas em áreas de cerrado. In: FERRI, M.G. SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 4. São Paulo, EDUSP, 1977 p.111
- CAREY, M.L.; HUNTER, J.R. ; ANDREW, J. *Pinus radiata* forest floors: factors affecting organic matter and nutrients dynamics. *New Zealand Journal of Forestry Science*, Rotorua, 12(1):36-48, 1982.
- CARPANEZZI, A.P. Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucaliptos no interior do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1980. 107p. (Tese-Mestrado-ESALQ)
- COILE, T.S. Composition of the leaf litter of forest trees. *Soil Science*, 43:349-55, 1937.
- COLE, D.W. Nutrient cycling in world forest. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 17, Kyoto, 1981. *Proceedings*, Kyoto, 1981. p.139-60.
- COLE, D.W. & RAPP, M. Elemental cycling in forest ecosystems. In: REICHALE, D.E. *Dynamic properties of forest ecosystems*. Cambridge, Cambridge University Press, 1981. p.341-409.
- COOLINGWOOD, G.H. & BRUSH, W.D. *Knowing your trees*. Washington, The American Forestry Association, 1984. p.72-3.
- COUTINHO, L.M. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado: 3 - a precipitação atmosférica de nutrientes minerais. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, 2:97-101, 1979.

CURLIN, J.W. Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest fertilization. In: YOUNGBERG, C.T. & DAVEY, C.B. *Tree Growth and Forest Soils*. Corvallis, Oregon State University Press, 1970. p.313-25.

DAUBENMIRE, R. Nutrient content of leaf litter of trees in the northern rocky mountains. *Ecology*, Washington, 34(4): 787-93, 1953.

DAUBENMIRE, R. & PRUSSO, D.C. Studies of the decomposition rates of tree litter. *Ecology*, Washington, 31(44):589-92, 1963.

DELITTI, W.B.C. Aspectos dinâmicos da serapilheira de uma floresta implantada de *Pinus elliottii* var. *elliottii*, Mogi Guaçu-SP. São Paulo, 1982. 130p. (Tese-Mestrado-Instituto de Botânica/USP).

DELITTI, W.B.C. Aspectos comparativos da ciclagem de nutrientes minerais na mata ciliar, no campo cerrado e na floresta implantada de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. São Paulo, 1984. 298p. (Tese-Doutoramento - Instituto de Botânica/USP).

DUVIGNEAUD, P. & DENAYER-DE-SMET, S. Cycle des éléments biogènes dans les écosystèmes forestiers d'Europe: principalement forêts caducifoliées. In: DUVIGNEAUD, P. *Productivity of Forest Ecosystems*. Paris, UNESCO, 1971. p.527-42.

DRUMOND, M.A. Distribuição da biomassa arbórea e dos nutrientes em plantações puras e consorciadas de *Liquidambar styraciflua* L. e *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Bar. et Golf. Piracicaba, 1985. 87p. (Tese-Mestrado-ESALQ).

- EATON, J.S.; LIKENS, G.E.; BORMANN, F.H. Throughfall and stemflow chemistry in a northern hardwood forest. *Journal of Ecology*, 61:495-508, 1973.
- EDMONDS, R.L. Litter decomposition and nutrient release in Douglas-fir, red-alder, western hemlock, and Pacific silver fir ecosystems in western Washington. *Canadian Journal of Forest Research*, 10(3):327-37, 1980.
- EDWARDS, B. Biomass prediction for young southern pines. *Journal of forestry*, Washington, 77(5):291-2, 1979.
- EGUNJOBI, J.K. & BADA, S.O. Biomass and nutrient distribution in stands of *Pinus caribaea* in dry forest zone of Nigeria. *Biotropica*, Fairfax, 11(2):130-5, 1979.
- EGUNJOBI, J.K. & ONWELUZO, B.S. Litter fall, mineral turnover and litter accumulation in *Pinus caribaea* L. stands at Ibadan, Nigeria. *Biotropica*, Fairfax, 11(4):251-5, 1979.
- FLINN, E.W. et alii Soluble nutrient inputs from rain and outputs in stream water from small forested catchments. *Australian Forestry*, 42(1):39-49, 1979.
- FLORENCE, R.G. & LAMB, D. Influence of stand and site on radiata pine litter in south Australia. *New Zealand Journal of Forestry*, Rotorua, 4(3):502-10, 1974.
- FLORENCE, R.G. & LAMB, B.D. Ecosystem process and the management of the radiata pine forests on sand dunes in south Australia. *Proceeding of Ecology Society of Australia*, Melbourne, 5:34-48, 1975.

- FLORES, D.A.; MALAVE, V.; BASTARDO, H. Mineralización de fósforo orgánico por actividad microbiana en suelos de sabana e de un bosque de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Venezuela. In: REGIONAL COLLOQUIUM ON SOIL ORGANIC MATTER STUDIES, Piracicaba, 1982. *Proceedings*. Piracicaba, CENA, 1982. p.45-50.
- FOELKEL, C.E.B. *Celulose sulfato de Liquidambar styraciflua*. Piracicaba, ESALQ/USP/DS, 1974. 9p.
- GARRIDO, M.A.O. Caracteres silviculturais e conteúdo de nutrientes no folheto de alguns povoamentos puros e mistos de espécies nativas. Piracicaba, 1981. 105p. (Tese-Mestrado.ESALQ).
- GOLFARI, L. Zoneamento ecológico para reflorestamento de regiões tropicais e subtropicais PRODEPEF. *Série divulgação*, Brasília, (14): 1-13. 1978.
- GOLFARI, L. & BARRETT, W.H. Comportamiento de las coníferas cultivadas em Puerto Piray, Misiones. *IDIA. Suplemento Florestal*, (4): 40p, 1967.
- GOLLEY, F.B. et alii *Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida*. São Paulo, EPU/EDUSP, 1978. 256p.
- GOSZ, J.R.; LIKENS, F.H.; BORMANN, F.H. Organic matter and nutrient dynamics of the forest and forest floor in the Hubbard Brook Forest. *Oecologia*, Berlin, 22:305 - 20, 1976.
- HANSEN, E.A. & BAKER, J.B. Biomass and nutrient removal in short rotation intensively cultured plantations. In: ANNUAL MEETING NORTH AMERICAN POPLAR COUNCIL, Thompsonville, 1979. p.130-51.

- HUBER, A. & OYARZÚN, C.C. Producción de hojarasca y sus relaciones con factores meteorológico en un bosque de *Pinus radiata* (D.Don). *Bosque, Valdivia*, 5(1):1-11, 1983.
- HUGHES, C.E. & McCARTER P.S. *Exploration and seed collection of Liquidambar styraciflua in Central America and Mexico*. In: PROVENANCE AND GENETIC IMPROVEMENT STRATEGIES TROPICAL FOREST TREES. IUFRO CONGRESS. Mutare, Zimbabwe, p.521-3, 1984.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL-IBDF. *Análise do Setor Industrial: São Paulo*. Brasília, 1984. v.1
- INOUE, M.T. Regeneração natural: seus problemas e perspectivas para as florestas brasileiras. *FUPEF, Curitiba*, (1): 22p, 1979.
- JORDAN, C. et alii. Nutrient scavenging of rainfall by the canopy of an amazonian rain forest. *Biotropica, Fairfax*, 12(1):61-6, 1980.
- JORGENSEN, J.R.; WELLS, C.G.; METZ, L.J. Nutrient changes in decomposition loblolly pine forest floor. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 44(6):1307-14, 1980.
- KELLMAN, M.; HUDSON, J.; SANMUGADAS, K. Temporal variability in atmospheric nutrient influx to a tropical ecosystem. *Biotropica, Fairfax*, 14(1):1-9, 1982.
- KLINGE, H. & RODRIGUES, W.A. Litter production in a area of Amazonian terra firme forest: 1. litter fall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. *Amazoniana, Kiel*, 1(4):287-302, 1968a.

- KLINGE, H. et alii Biomass and structure in a Central Amazonian rain forest. In: GOLLEY, F.B. & MEDINA, E. *Tropical Ecological Systems: trends in terrestrial and aquatic research*. Berlin, Springer-Verlag, 1975. p.115-21.
- KRAMER, J.P. & KOSLOWSKI, T.T. *Physiology of trees*. New York, Mac Gross Hill Edition, 1960. 642p.
- KODAMA, H.E. & VAN LEAR, D.H. Prescribed burning and nutrient cycling relationships in young loblolly pine plantations. *Southern Journal of Applied Forestry*, Washington, 4(3):118-21, 1980.
- LAM, O.C. & BROWN, C. Shoot growth and histoleneis of *Liquidambar styraciflua* L. under different photoperiods. *Botanical Gazette*, Chicago, 135(2):149-54, 1974.
- LEMÉE, G. Recherches sur les écosystèmes des réserves biologiques de la forêt de Fontainebleau. IV Entrées d'elements minéraux par les precipitations et transfer au sol par le pluviage. *Oecologia Plantarum* 9: 187-200, 1974.
- LEPSCHE, I.F. Influência do cultivo de *Eucalyptus* e *Pinus* nas propriedades químicas de solos sob cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 4: 103 - 7, 1980.
- LIKENS, G.E. et alii The calcium, magnesium, potassium, and sodium budgets for a small forested ecosystem. *Ecology*, 48(5):772-85, 1967.
- LIMA, W. de P. Estudo de alguns aspectos quantitativos e qualitativos do balanço hídrico em plantações de eucaliptos e *Pinus*. Piracicaba, 1975. 111p. (Tese - Doutorado-ESALQ).

- LIMA, W.P. & NICOLIELO, N. Precipitação efetiva e interceptação em florestas de pinheiros tropicais e em reserva de cerrado. *IPEF*, Piracicaba (24): 43-46, 1983.
- LIMA, W. de P. Ação das chuvas no ciclo biogeoquímico de nutrientes em plantações de pinheiros tropicais e em cerrado. *IPEF*, Piracicaba, (30):13-7, 1985.
- LOPES, M.I.M.S. Influência do cultivo de *Pinus* sobre algumas características de um latossolo vermelho escuro primitivamente sob vegetação de cerrado. Piracicaba, 1983. 90p. (Tese-Mestrado-ESALQ).
- LUIZÃO, F.J. Produção e decomposição da liteira em floresta de terra firme da Amazônia Central: aspectos químicos e biológicos da lixiviação e remoção dos nutrientes da liteira. Manaus, 1982. 118p. (Tese-Mestrado - INPA).
- LUNDGREN, B. *Soil conditions and nutrient cycling under natural and plantation forest in Tanzanian highlands*. Uppsala, 1978. 438p.
- MASON, C.F. *Decomposição*. São Paulo, EPU/EDUSP, 1980. 63p.
- McCLURKIN, D.C. Site rehabilitation under planted red-cedar and pine. In: YOUNGBERG, C.T. (ed.) *Tree growth and forest soils*. Corvallis, Oregon State University, 1970. p.339-45.
- METZ, L.J. Florestal flor in the Piedmont region of South Carolina. *Soil Science Society Proceedings*, Madison: 355-8, 1954.
- MEGURO, M.; VINUEZA, G.N.; DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo:1. produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. *Boletim de Botânica*, São Paulo, 7: 11 - 31 1979a.

MEGURO, M.; VINUEZA, G.N.; DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo:2. o papel da precipitação na importação e transferência do potássio e do fósforo. *Boletim de Botânica São Paulo*, 7:61-7, 1979b.

MILLAR, C. *Decomposition of coniferous leaf litter*. London, Academic Press, 1974. p.105-28.

MILLER, H.A. & JAKES, H.E. *How to know the trees*. W.M.C. Company Publishers (2.ed.), 1974. 320p.

MINDERMAN, G. Addition decomposition and accumulation of organic matter in forests. *Journal of Ecology*, 56:355-62, 1968.

NICOLIELO, N. & BERTOLANI, F. Estudo de introdução de espécies de *Pinus* na região de Agudos-SP. *Silvicultura*, São Paulo (14):128-9, 1980.

NISHIMURA, T. Movement of nutrients in a small mountainous and forested watershed. *Journal of the Japanese Forestry Society*, Tokyo, 55(11):323-33, 1973. In: *Forestry Abstracts*, Oxford, 35(10):5906, 1974.

NORFALISE, A. & VANESSE, R. *Conséquences de la monoculture des conifères pour la conservation de sols et pour le bilan hydrologique* Bruxelles, ASBL, 1975. 44p.

NYE, P.H. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. *Plant and Soil*, The Hague, 13(4):333-46, 1961.

NYKVIST, N. Leaching and decomposition of water soluble organic substances from different types of leaf and needle litter. *Studia forestalia Suecica*, (3). 1 - 31 1963.

- OLSON, J.S. Energy storagen and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44 (2):322-31, 1963.
- OVINGTON, J.D. Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept. *Adv. Ecol. Res.* 1:103-92, 1962.
- OVINGTON, J.D. Quantitative ecology and ecosystem dynamics. *Proc. Ecol. Soc. Aust.*, 1:97-105, 1965.
- PAGANO, S.N. Estudo florístico, fitossociológico e de ciclagem de nutrientes em mata mesófila semi-decídua no município de Rio Claro-SP. São Paulo, 1985. 201p. (Tese-Livre-Docência-Instituto de Botânica/USP).
- PEREIRA, J.M.S. *Os ciclos biogeoquímicos nos ecossistemas florestais e agrícolas*. Lisboa, Instituto Aup. de Agro^{nomia}, 1978. 44p.
- PERES, J.R.R. et alii Litter production in areas od Brazilian "cerrados". *Pesq. Agropc. Bras.*, Brasília, 18 (9):1037-43, 1983.
- PETERSON, D.L. et alii Nutrient dynamics of litter fall and decomposition in a botton land hard wood forest. *Forestry Research Report*, Illinois, 79:4, 1979..
- PETERSON, D.L. & ROLFE, G.L. Nutrient dynamics and decomposition of litterfall in floodplain and upland forests of central Illinois. *Forest Science*, 28(4):667-81, 1982.
- POGGIANI, F. Ciclo de nutrientes e produtividade de floresta implantada. *Silvicultura*, São Paulo, (13):45 - 8, 1976.

- POGGIANI, F.; COUTO, H.T.Z. do ; SIMÕES, J.W. Aspectos ecológicos das minirotações e do aproveitamento dos resíduos florestais. *Circular Técnica. IPEF*, Piracicaba, (74):1-7, out. 1979.
- POGGIANI, F.; REZENDE, G.C.; SUITER FILHO, W. Efeito do fogo na brotação e crescimento de *Eucalyptus grandis* após o corte raso e alterações nas propriedades do solo. *IPEF*, Piracicaba, (24):33-42, 1983.
- POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais de *Eucalyptus* e *Pinus*: implicações silviculturais. Piracicaba, 1985. 211p. (Tese-Livre-Docência-ESALQ).
- PRIMAVESI, A. *O Manejo Ecológico do Solo: a agricultura em regiões tropicais*. São Paulo, Nobel, 1980. 541p.
- PRITCHETT, W.L. *Properties and Management of Forest Soils*. New York, John Wiley, 1979. 500p.
- RANZANI, G. *Carta de Solos da Agro Florestal Monte Alegre*. Piracicaba, ESALQ, 1971. 81p.
- REIS, M.S. Programa de ação política do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal para essências nativas. *Silvicultura em São Paulo*, São Paulo, 16A(par 1): 44-89, 1982.
- ROLFE, G.L.; AKHTAR, M.A.; ARNOLD, L.E. Nutrient distribution and flux in a nature oak-hickory forest. *Forest Science*, Washington, 24:122-30, 1978.

SARRUGE, J.R. & HAAG, P.H. *Análise Química em Plantas*. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.

SCHLESINGER, R.C. & WILLIAMS, R.D. Growth response of black walnut to interplanted trees. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, 9:35-43, 1984.

SETOR DE QUÍMICA CELULOSE E ENERGIA. *A madeira de Liquidambar styraciflua como matéria-prima para celulose sulfato*. Relatório Técnico: DCF/ESALQ/USP, Piracicaba, 1984. (não publicado).

SHAPLAND, R.E. Hardwood plantation. *Quarterly Journal of Forestry*, London, 68(3):218-22, 1974.

SILVA, H.D. Biomassa e aspectos nutricionais de cinco espécies do gênero *Eucalyptus*, plantadas em solo de baixa fertilidade. Piracicaba, 1983. 105p. (Tese-Mestrado-ESALQ).

SIMÕES, J.W. et alii *Formação, manejo e exploração de florestas com espécies de rápido crescimento*. Brasília, IBDF, 1981. 131p.

SPAIN, A.V. Aspects of the role of the soil biota in forest litter decomposition. *Australian Forestry*, Melbourne, 38(3):171-6, 1975.

SPINA-FRANÇA, F. *Acúmulo de "litter" em povoamentos de Pinus*. Piracicaba, ESALQ/DS, 1980. 36p. (não publicado).

SPURR, S.H. & BURTON, V.B. *Forestry Ecology*. (2.ed.) New York, The Ronald Press Company, 1973. 571p.

SPURR, H.S. & BARNES, B.V. *Forest Ecology*. (3.ed.) New York, John Wiley, 1980. 687p.

SUBERKROPP, et alii Changes in the chemical composition of leaves during processing in a woodland stream. *Ecology*, 57(4):720-7, 1976.

TARRANT, R.F. et alii Nutrient cycling by through fall and stemflow precipitation in three coastal Oregon forest types. *USDA. Forest Service PNW Research Note*, (54): 1-7, 1968. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 30 (3) : 436, 1969.

USDA. *Wood Handbook*. Washington, Forest Service, 1974.

VERSFELD, D.B. Litter fall and decomposition in stands of mature *Pinus radiata*. *South African Forestry Journal*, Pretoria, (116):40-50, 1981.

VITOUSEK, P.M. Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology*, 65(1):285-98, 1984.

WELLS, C.G. & JORGENSEN, J.R. Effects of intensive harvesting on nutrient supply and sustained productivity. In: *IMPACT OF INTENSIVE HARVESTING ON FOREST NUTRIENT CYCLING*, 1979. p.212-30.

WELLS, C.G.; WHIGHAND, D.; LIETH, H. Investigation of mineral nutrient cycling in a upland Piedmont Forest. *The Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, 88(2):66-78, 1972.

WILL, G.M. Nutricional problems of radiata pine growing in New Zealand forest soils. In: *SIMPOSIO NACIONAL DE LA CIENCIA DEL SUELO*, 3, Santiago, 9-12 nov. 1981. *Proceedings*, 1981. 9p.

A P Ê N D I C E

TABELA 1 - Concentração de NITROGÊNIO (%) no folheto

MESES	<i>Pinus</i> puro	<i>Pinus</i> misto	<i>Liquidambar</i> puro	<i>Liquidambar</i> misto	Misto
Outubro	0,550 $\pm$ 0,013	0,789 $\pm$ 0,042	1,661 $\pm$ 0,092	1,646 $\pm$ 0,105	1,176 $\pm$ 0,019
Novembro	0,653 $\pm$ 0,077	0,770 $\pm$ zero	1,614 $\pm$ 0,028	1,379 $\pm$ 0,021	1,030 $\pm$ 0,013
Dezembro	0,466 $\pm$ 0,006	0,630 $\pm$ 0,098	1,339 $\pm$ 0,093	1,078 $\pm$ 0,056	0,854 $\pm$ 0,019
Janeiro	0,438 $\pm$ 0,013	0,567 $\pm$ 0,021	0,821 $\pm$ 0,168	0,910 $\pm$ 0,070	0,840 $\pm$ 0,082
Fevereiro	0,407 $\pm$ 0,017	0,507 $\pm$ 0,017	0,714 $\pm$ 0,070	0,731 $\pm$ 0,017	0,667 $\pm$ 0,053
Março	0,385 $\pm$ 0,007	0,556 $\pm$ 0,031	0,793 $\pm$ 0,023	0,758 $\pm$ 0,030	0,630 $\pm$ 0,057
Abril	0,415 $\pm$ 0,017	0,637 $\pm$ 0,105	0,763 $\pm$ 0,035	0,651 $\pm$ 0,007	0,630 $\pm$ 0,056
Maio	0,345 $\pm$ 0,045	0,485 $\pm$ 0,077	0,676 $\pm$ 0,032	0,595 $\pm$ 0,021	0,445 $\pm$ 0,064
Junho	0,466 $\pm$ 0,013	0,451 $\pm$ 0,031	0,655 $\pm$ 0,019	0,672 $\pm$ 0,014	0,709 $\pm$ 0,024
Julho	0,487 $\pm$ 0,031	0,595 $\pm$ 0,007	0,753 $\pm$ 0,031	0,612 $\pm$ 0,017	0,588 $\pm$ 0,003
Agosto	0,436 $\pm$ 0,008	0,693 $\pm$ 0,007	0,746 $\pm$ 0,013	0,637 $\pm$ 0,007	0,683 $\pm$ 0,031
Setembro	0,387 $\pm$ 0,066	0,546 $\pm$ 0,056	1,003 $\pm$ 0,046	0,952 $\pm$ 0,238	0,639 $\pm$ 0,013
Médias	0,453	0,602	0,966	0,885	0,740

TABELA 2 - Concentração de FÓSFORO (%) no folheto

MESES	<i>Pinus</i> puro	<i>Pinus</i> misto	<i>Liquidambar</i> puro	<i>Liquidambar</i> misto	Misto
Outubro	0,029 $\pm$ 0,001	0,051 $\pm$ 0,001	0,097 $\pm$ 0,005	0,105 $\pm$ 0,004	0,078 $\pm$ 0,002
Novembro	0,038 $\pm$ zero	0,052 $\pm$ zero	0,099 $\pm$ 0,002	0,106 $\pm$ 0,004	0,080 $\pm$ 0,001
Dezembro	0,030 $\pm$ zero	0,043 $\pm$ 0,005	0,079 $\pm$ 0,002	0,081 $\pm$ 0,004	0,063 $\pm$ 0,002
Janeiro	0,026 $\pm$ 0,002	0,039 $\pm$ 0,001	0,063 $\pm$ 0,003	0,068 $\pm$ 0,005	0,060 $\pm$ 0,003
Fevereiro	0,036 $\pm$ 0,001	0,051 $\pm$ 0,001	0,081 $\pm$ 0,002	0,094 $\pm$ 0,001	0,076 $\pm$ 0,006
Março	0,033 $\pm$ 0,003	0,058 $\pm$ zero	0,079 $\pm$ 0,004	0,087 $\pm$ 0,007	0,065 $\pm$ 0,006
Abril	0,033 $\pm$ 0,016	0,025 $\pm$ 0,001	0,042 $\pm$ zero	0,042 $\pm$ 0,001	0,040 $\pm$ 0,003
Maio	0,017 $\pm$ 0,001	0,027 $\pm$ 0,001	0,041 $\pm$ 0,001	0,042 $\pm$ zero	0,037 $\pm$ zero
Junho	0,023 $\pm$ 0,001	0,047 $\pm$ zero	0,036 $\pm$ 0,001	0,035 $\pm$ 0,001	0,040 $\pm$ 0,002
Julho	0,024 $\pm$ 0,003	0,035 $\pm$ 0,001	0,042 $\pm$ zero	0,037 $\pm$ zero	0,038 $\pm$ 0,002
Agosto	0,022 $\pm$ 0,001	0,046 $\pm$ 0,001	0,043 $\pm$ 0,003	0,039 $\pm$ zero	0,041 $\pm$ 0,001
Setembro	0,023 $\pm$ 0,002	0,041 $\pm$ 0,004	0,070 $\pm$ 0,003	0,046 $\pm$ 0,001	0,044 $\pm$ 0,001
Médias	0,028	0,043	0,064	0,065	0,055

TABELA 3 - Concentração de POTÁSSIO (%) no folheto

MESES	<i>Pinus</i> puro	<i>Pinus</i> misto	<i>Liquidambar</i> puro	<i>Liquidambar</i> misto	Misto
Outubro	0,186 $\pm$ 0,004	0,175 $\pm$ 0,005	0,163 $\pm$ 0,018	0,185 $\pm$ 0,005	0,160 $\pm$ zero
Novembro	0,196 $\pm$ 0,017	0,220 $\pm$ 0,020	0,313 $\pm$ 0,009	0,350 $\pm$ 0,030	0,260 $\pm$ 0,010
Dezembro	0,186 $\pm$ 0,004	0,160 $\pm$ 0,030	0,160 $\pm$ zero	0,155 $\pm$ 0,005	0,163 $\pm$ 0,009
Janeiro	0,163 $\pm$ 0,004	0,125 $\pm$ 0,005	0,110 $\pm$ 0,008	0,125 $\pm$ 0,015	0,133 $\pm$ 0,004
Fevereiro	0,136 $\pm$ 0,004	0,110 $\pm$ zero	0,060 $\pm$ zero	0,075 $\pm$ 0,005	0,090 $\pm$ zero
Março	0,143 $\pm$ 0,004	0,115 $\pm$ 0,005	0,100 $\pm$ zero	0,135 $\pm$ 0,005	0,123 $\pm$ 0,004
Abril	0,173 $\pm$ 0,004	0,160 $\pm$ 0,001	0,100 $\pm$ 0,008	0,120 $\pm$ 0,020	0,146 $\pm$ 0,012
Maio	0,160 $\pm$ 0,014	0,120 $\pm$ zero	0,093 $\pm$ 0,004	0,075 $\pm$ 0,015	0,106 $\pm$ 0,004
Junho	0,190 $\pm$ 0,014	0,125 $\pm$ 0,015	0,150 $\pm$ 0,035	0,075 $\pm$ 0,015	0,096 $\pm$ 0,004
Julho	0,200 $\pm$ 0,014	0,170 $\pm$ 0,001	0,110 $\pm$ 0,014	0,105 $\pm$ 0,005	0,123 $\pm$ 0,012
Agosto	0,170 $\pm$ 0,021	0,165 $\pm$ 0,005	0,130 $\pm$ 0,001	0,120 $\pm$ zero	0,140 $\pm$ 0,021
Setembro	0,173 $\pm$ 0,012	0,190 $\pm$ zero	0,270 $\pm$ 0,014	0,180 $\pm$ zero	0,190 $\pm$ 0,010
Médias	0,173	0,153	0,146	0,142	0,144

TABELA 4 - Concentração de CÁLCIO (%) no folheto

MESES	Pinus puro		Pinus misto		Liquidambar puro		Liquidambar misto		Misto
Outubro	0,233	± 0,009	0,210	± 0,010	0,606	± 0,061	0,680	± 0,020	0,526 ± 0,009
Novembro	0,253	± 0,009	0,210	± 0,010	0,460	± 0,032	0,520	± 0,020	0,410 ± 0,010
Dezembro	0,240	± 0,016	0,220	± zero	0,480	± 0,020	0,490	± 0,010	0,386 ± 0,009
Janeiro	0,240	± zero	0,220	± zero	0,540	± 0,016	0,530	± 0,010	0,420 ± 0,016
Fevereiro	0,240	± zero	0,240	± zero	0,620	± 0,048	0,540	± zero	0,370 ± 0,010
Março	0,246	± 0,009	0,290	± 0,030	0,680	± 0,016	0,620	± 0,020	0,466 ± 0,034
Abril	0,173	± 0,018	0,175	± 0,015	0,586	± 0,018	0,530	± 0,030	0,286 ± 0,066
Maio	0,176	± 0,012	0,190	± zero	0,600	± 0,058	0,540	± 0,020	0,393 ± 0,018
Junho	0,186	± 0,009	0,200	± zero	0,726	± 0,018	0,580	± zero	0,520 ± 0,016
Julho	0,203	± 0,016	0,180	± zero	0,666	± 0,025	0,670	± 0,010	0,566 ± 0,075
Agosto	0,183	± 0,175	0,175	± 0,005	0,880	± 0,016	0,720	± 0,020	0,746 ± 0,025
Setembro	0,183	± 0,004	0,160	± zero	0,820	± 0,016	0,770	± 0,050	0,713 ± 0,057
Médias	0,213		0,206		0,639		0,599		0,481

TABELA 5 - Concentração de MAGNÉSIO (%) no folheto

MESES	Pinus puro		Pinus misto		Liquidambar puro		Liquidambar misto		Misto
Outubro	0,060	± zero	0,070	± zero	0,186	± 0,009	0,190	± 0,010	0,140 ± zero
Novembro	0,063	± 0,004	0,060	± zero	0,180	± zero	0,170	± 0,010	0,120 ± zero
Dezembro	0,056	± 0,004	0,065	± 0,005	0,186	± 0,009	0,150	± 0,010	0,120 ± zero
Janeiro	0,056	± 0,009	0,110	± 0,005	0,193	± 0,009	0,160	± zero	0,120 ± zero
Fevereiro	0,080	± zero	0,120	± zero	0,206	± 0,009	0,140	± zero	0,100 ± zero
Março	0,050	± zero	0,085	± 0,015	0,240	± zero	0,170	± 0,010	0,113 ± 0,009
Abril	0,048	± 0,002	0,070	± zero	0,286	± 0,009	0,230	± 0,030	0,173 ± 0,009
Maio	0,050	± zero	0,070	± zero	0,243	± 0,016	0,190	± 0,010	0,146 ± 0,009
Junho	0,050	± zero	0,085	± 0,005	0,316	± 0,023	0,200	± zero	0,166 ± 0,009
Julho	0,056	± 0,004	0,080	± zero	0,260	± 0,016	0,240	± zero	0,206 ± 0,018
Agosto	0,053	± 0,004	0,080	± zero	0,500	± 0,061	0,250	± 0,001	0,273 ± 0,009
Setembro	0,053	± 0,004	0,075	± 0,005	0,425	± 0,020	0,270	± 0,010	0,260 ± 0,016
Médias	0,056		0,081		0,268		0,196		0,161

TABELA 6. Quantidade de Nitrogênio depositado sobre o solo nos talhões puros e mistos de *Pinus caribaea hondurensis* e *Liquidambar styraciflua* no período de outubro de 1980 a setembro de 1982 (kg/ha/mês).

Meses	QUANTIDADE DE NITROGÊNIO EM kg/ha/mês			
	<i>Pinus</i> Puro	<i>Pinus</i> Misto	<i>Liquidambar</i> puro	Misto
out/80	2,00		3,66	3,52
nov/80	1,14		0,61	0,72
dez/80	0,41		0,67	0,41
jan/81	0,29		0,94	0,45
fev/81	0,55		2,31	0,69
mar/81	1,20		6,71	2,28
abr/81	1,65		5,14	5,07
mai/81	1,83		6,29	9,13
jun/81	1,28		2,79	2,45
jul/81	1,80		4,57	2,21
ago/81	4,01		3,33	4,02
set/81	4,17		3,53	4,08
Total 1º ano	20,33		40,55	35,03
out/81	1,22	0,59	1,44	1,15
nov/81	0,49	0,35	1,19	0,76
dez/81	0,72	0,47	1,21	0,73
jan/82	0,63	0,28	0,92	0,75
fev/82	0,70	0,26	2,03	0,79
mar/82	1,53	0,49	2,62	0,71
abr/82	2,46	0,60	5,85	1,68
mai/82	1,54	0,32	8,37	3,19
jun/82	2,85	0,48	6,91	3,00
jul/82	2,05	0,37	6,68	7,19
ago/82	2,76	0,86	6,33	10,92
set/82	4,08	0,95	2,91	5,36
Total 2º ano	21,03	6,02	46,46	39,75
			35,68	

TABELA 7. Quantidade de Fósforo depositado sobre o solo nos talhões puros e mistos de *Pinus caribaea hondurensis* e *Liquidambar styraciflua*, no período de outubro de 1980 a setembro de 1982 (kg/ha/mês).

Meses	QUANTIDADE DE FÓSFORO EM kg/ha/mês			
	<i>Pinus</i> Puro	<i>Pinus</i> Misto	<i>Liquidambar</i> puro	Misto
out/80	0,12		0,22	0,27
nov/80	0,07		0,04	0,05
dez/80	0,02		0,04	0,03
jan/81	0,01		0,05	0,03
fev/81	0,03		0,15	0,05
mar/81	0,06		0,45	0,16
abr/81	0,10		0,34	0,38
mai/81	0,12		0,39	0,67
jun/81	0,01		0,18	0,16
jul/81	0,10		0,29	0,15
ago/81	0,25		0,20	0,26
set/81	0,24		0,21	0,28
Total 1º ano	1,13		2,56	2,49
out/81	0,06	0,04	0,08	0,07
nov/81	0,03	0,02	0,07	0,06
dez/81	0,05	0,03	0,07	0,09
jan/82	0,04	0,02	0,07	0,08
fev/82	0,06	0,03	0,23	0,13
mar/82	0,13	0,05	0,26	0,10
abr/82	0,20	0,02	0,32	0,11
mai/82	0,08	0,02	0,51	0,23
jun/82	0,14	0,05	0,38	0,16
jul/82	0,10	0,02	0,37	0,22
ago/82	0,14	0,06	0,37	0,47
set/82	0,24	0,07	0,20	0,31
Total 2º ano	1,27	0,43	2,93	2,26
				2,69

TABELA 8. Quantidade de Potássio depositado sobre o solo nos talhões puros e mistos de *Pinus caribaea hondurensis* e *Liquidambar styraciflua*, no período de outubro de 1980 a setembro de 1982 (kg/ha/mês).

Meses	QUANTIDADE DE POTÁSSIO EM kg/ha/mês			
	<i>Pinus</i> Puro	<i>Pinus</i> Misto	<i>Liquidambar</i> puro	<i>Liquidambar</i> bar misto
out/80	1,02		1,13	1,28
nov/80	0,48		0,08	0,18
dez/80	0,13		0,13	0,09
jan/81	0,09		0,17	0,09
fev/81	0,27		0,40	0,17
mar/81	0,49		0,90	0,49
abr/81	0,85		0,78	1,20
mai/81	0,87		1,54	2,41
jun/81	0,70		0,67	0,67
jul/81	0,92		1,98	0,76
ago/81	2,17		1,52	1,98
set/81	1,95		1,63	1,79
Total	9,94		10,93	11,11
1º ano				
out/81	0,41	0,13	0,14	0,23
nov/81	0,15	0,10	0,23	0,27
dez/81	0,29	0,12	0,15	0,23
jan/82	0,24	0,06	0,12	0,17
fev/82	0,23	0,06	0,17	0,15
mar/82	0,57	0,10	0,33	0,22
abr/82	1,02	0,15	0,77	0,52
mai/82	0,72	0,08	1,15	0,64
jun/82	1,16	0,13	1,58	0,34
jul/82	0,84	0,11	0,98	1,23
ago/82	1,07	0,20	0,11	1,77
set/82	1,82	0,33	0,78	1,20
Total	8,52	1,57	6,51	5,99
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				
out/81				
nov/81				
dez/81				
jan/82				
fev/82				
mar/82				
abr/82				
mai/82				
jun/82				
jul/82				
ago/82				
set/82				
Total				
2º ano				

TABELA 10. Quantidade de Magnésio depositado sobre o solo nos talhões puros e mistos de *Pinus caribaea hondurensis* e *Liquidambar styraciflua* no período de outubro de 1980 a setembro de 1982 (kg/ha/mês).

Meses	QUANTIDADE DE MAGNÉSIO EM kg/ha/mês				
	<i>Pinus</i> Puro	<i>Pinus</i> Misto	<i>Liquidam-</i> <i>bar</i> puro	<i>Liquidam-</i> <i>bar</i> misto	Misto
out/80	0,29		0,88		0,53
nov/80	0,22		0,07		0,11
dez/80	0,05		0,09		0,05
jan/81	0,03		0,25		0,07
fev/81	0,07		0,70		0,15
mar/81	0,16		2,07		0,63
abr/81	0,24		1,82		1,69
mai/81	0,25		2,21		3,49
jun/81	0,18		0,95		0,81
jul/81	0,24		1,47		0,48
ago/81	0,45		1,16		0,96
set/81	0,66		1,04		0,77
Total 1º ano	2,84		12,71		9,74
out/81	0,13	0,05	0,16	0,13	0,20
nov/81	0,05	0,03	0,13	0,09	0,13
dez/81	0,09	0,05	0,17	0,10	0,17
jan/82	0,08	0,05	0,22	0,13	0,16
fev/82	0,14	0,06	0,59	0,15	0,16
mar/82	0,20	0,08	0,79	0,16	0,20
abr/82	0,28	0,07	2,19	0,59	0,62
mai/82	0,22	0,05	3,01	1,02	0,88
jun/82	0,31	0,09	3,33	0,89	0,92
jul/82	0,24	0,05	2,31	2,82	2,55
ago/82	0,34	0,10	4,24	3,69	4,37
set/82	0,56	0,13	1,23	1,80	2,18
Total 2º ano	2,64	0,81	18,37	11,57	12,54

TABELA 11. Valores médios semanais de concentração de nutrientes (ppm) e quantidade de macronutrientes depositados sobre o solo do povoamento puro de *Pinus caribaea hondurensis*, no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

PERÍODO	CONCENTRAÇÃO (ppm) e QUANTIDADE (kg/ha) DE MACRONUTRIENTES			
	NH ₄ ⁺ ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm
out/81				
1a. semana	0,18	0,05	2,37	0,37
2a. semana	0,08	0,05	2,25	0,50
3a. semana	0,13	0,06	1,75	0,82
4a. semana	0,03	0,01	1,65	0,56
nov/81				
1a. semana	0,04	0,02	5,75	2,96
2a. semana	0,09	0,05	5,75	3,28
3a. semana	0,07	0,03	6,25	2,63
4a. semana	f.m.	f.m.	6,00	0,18
dez/81				
1a. semana	0,06	0,03	5,75	0,18
2a. semana	0,09	0,03	5,50	1,74
3a. semana	0,06	0,01	5,25	0,67
4a. semana	f.m.	f.m.	5,37	3,91
jan/82				
1a. semana	n.d.	n.d.	1,12	1,88
2a. semana	0,02	0,01	5,62	1,68
3a. semana	n.d.	n.d.	5,62	1,51
4a. semana	n.d.	n.d.	1,62	1,31
fev/82				
1a. semana	n.d.	n.d.	1,62	1,31
2a. semana	0,14	0,02	2,50	0,41
3a. semana	n.d.	n.d.	1,62	1,61
mar/82				
1a/2a. sem.	0,02	0,04	1,62	2,70
3a. semana	0,01	0,01	1,50	0,75
abr/82				
1a. semana	0,04	0,03	2,12	1,34
2a. semana	n.d.	n.d.	1,12	0,90
3a/4a. sem.	n.d.	n.d.	0,70	0,49
jun/82				
1a. semana	0,10	0,07	0,38	0,26
2a. semana	0,11	0,03	0,50	0,13
3a. semana	n.d.	n.d.	0,38	0,22
4a. semana	n.d.	n.d.	1,00	0,02
jul/82				
1a. semana	0,08	0,02	1,00	0,10
2a. semana	0,14	0,02	0,75	0,12
3a. semana	f.m.	f.m.	2,50	0,05
ago/82				
1a. semana	0,51	0,07	1,38	0,20
2a. semana	0,01	-	1,50	0,24
3a. semana	f.m.	f.m.	4,75	0,27
4a. semana	f.m.	f.m.	4,50	0,30
set/82				
1a. semana	11,70	0,67	1,88	0,11
2a. semana	8,20	0,55	1,63	0,11

TABELA 12. Valores médios semanais de concentração de nutrientes (ppm) e quantidade de macronutrientes depositados sobre o solo do povoamento puro de *Liquidambar styraciflua*, no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

PERÍODO	CONCENTRAÇÃO (ppm) e QUANTIDADE (kg/ha) DE MACRONUTRIENTES			
	NH ₄ ⁺ ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm
out/81				
1a. semana	0,01	0,03	2,10	0,58
2a. semana	0,05	0,03	1,10	0,57
3a. semana	0,05	0,02	0,80	0,30
4a. semana	0,05	0,02	0,70	0,37
nov/81				
1a. semana	0,16	0,10	1,30	0,85
2a. semana	0,09	0,04	0,60	0,27
3a. semana	0,03	0,01	0,40	0,17
4a. semana	f.m.	f.m.	3,70	0,12
dez/81				
1a. semana	0,18	0,08	1,20	0,53
2a. semana	0,08	0,02	0,70	0,20
3a. semana	0,02	-	0,80	0,11
4a. semana	0,04	0,03	0,30	0,22
jan/82				
1a. semana	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
2a. semana	n.d.	n.d.	1,00	0,26
3a. semana	n.d.	n.d.	0,70	0,22
4a. semana	0,02	0,01	6,25	1,94
fev/82				
1a. semana	n.d.	n.d.	1,75	1,51
2a. semana	1,60	0,27	2,12	0,35
3a. semana	n.d.	n.d.	1,87	1,88
4a. semana	n.d.	n.d.	3,50	2,36
mar/82				
1a/2a. sem.	n.d.	n.d.	0,50	0,89
3a. semana	0,05	0,02	0,30	0,13
abr/82				
1a. semana	0,08	0,05	1,50	1,01
2a. semana	n.d.	n.d.	2,30	1,84
3a/4a. sem.	n.d.	n.d.	1,00	0,56
jun/82				
1a. semana	0,13	0,09	1,30	0,34
2a. semana	0,05	0,01	0,90	0,52
3a. semana	n.d.	n.d.	5,00	0,48
4a. semana	f.m.	f.m.	1,70	0,24
ago/82				
1a. semana	0,25	0,04	2,60	0,43
2a. semana	0,08	0,01	3,00	0,50
3a. semana	0,27	0,01	2,25	1,15
4a. semana	0,10	-	4,50	0,34
set/82				
1a. semana	3,75	0,21	3,25	0,25
2a. semana	2,25	0,13	1,63	0,27
3a. semana	1,90	0,21	1,75	0,29
4a. semana	2,75	0,07	1,88	0,05

TABELA 13. Valores médios semanais de concentração de nutrientes (ppm) e quantidade de macronutrientes depositados sobre o solo do povoamento misto, no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

PERÍODO	CONCENTRAÇÃO (ppm) e QUANTIDADE (kg/ha) DE MACRONUTRIENTES			
	NH ⁺ ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm
out/81				
1a. semana	0,16	0,04	2,36	0,63
2a. semana	0,15	0,09	2,00	1,17
3a. semana	0,08	0,04	1,75	0,77
4a. semana	0,04	0,01	1,75	0,57
nov/81				
1a. semana	0,07	0,03	5,37	2,66
2a. semana	0,10	0,05	5,37	2,87
3a. semana	0,08	0,03	5,25	2,34
4a. semana	f.m.	f.m.	6,50	0,23
dez/81				
1a. semana	0,02	0,01	6,12	2,56
2a. semana	0,09	0,03	5,37	1,72
3a. semana	0,02	-	5,50	1,89
4a. semana	0,02	0,02	5,00	3,91
jan/82				
1a. semana	n.d.	n.d.	1,25	2,11
2a. semana	n.d.	n.d.	5,87	1,58
3a. semana	0,04	0,01	6,37	1,78
fev/82				
1a. semana	n.d.	n.d.	1,87	1,67
2a. semana	0,07	0,01	2,12	0,35
3a. semana	n.d.	n.d.	1,70	1,84
4a. semana	n.d.	n.d.	1,62	2,60
mar/82				
1a/2a. sem.	n.d.	n.d.	1,40	0,67
3a. semana	0,01	-	2,25	1,43
abr/82				
1a. semana	0,05	0,03	2,75	2,14
2a. semana	n.d.	n.d.	0,87	0,61
3a. semana	0,15	0,10	1,12	0,29
4a. semana	0,02	0,01	0,87	0,46
maio/82				
1a. semana	n.d.	n.d.	3,30	0,34
2a. semana	f.m.	f.m.	1,87	0,19
3a. semana	n.d.	n.d.	1,50	0,23
4a. semana	f.m.	f.m.	3,00	0,07
ago/82				
1a. semana	0,15	0,02	3,12	0,49
2a. semana	n.d.	n.d.	1,87	0,30
3a. semana	f.m.	f.m.	4,62	0,25
4a. semana	n.d.	n.d.	3,87	0,37
set/82				
1a. semana	f.m.	f.m.	10,50	0,58
2a. semana	0,06	0,01	5,90	0,56
3a. semana	f.m.	f.m.	2,50	0,14
4a. semana	f.m.	f.m.	1,75	0,17

TABELA 14. Valores médios semanais de concentração de nutrientes (ppm) e quantidade de macronutrientes encontrados na água da chuva coletada a céu aberto, no período de outubro de 1981 a setembro de 1982.

PERÍODO	CONCENTRAÇÃO (ppm) e QUANTIDADE (kg/ha) DE MACRONUTRIENTES			
	NH ⁺ ppm	K ppm	Ca ppm	Mg ppm
out/81				
1a. semana	0,09	0,03	1,62	0,57
2a. semana	0,09	0,06	1,70	1,20
3a. semana	0,04	0,02	1,37	0,81
4a. semana	0,04	0,17	1,37	0,58
nov/81				
1a. semana	0,03	0,02	5,50	3,41
2a. semana	0,09	0,06	5,25	3,73
3a. semana	0,11	0,05	5,12	2,28
4a. semana	f.m.	f.m.	4,87	0,19
dez/81				
1a. semana	0,09	0,05	5,25	3,13
2a. semana	0,04	0,02	5,25	2,05
3a. semana	0,07	0,01	4,75	0,91
4a. semana	f.m.	f.m.	f.m.	f.m.
jan/82				
1a. semana	n.d.	n.d.	1,00	2,23
2a. semana	0,04	0,02	6,50	2,69
3a. semana	0,03	0,01	6,50	2,47
fev/82				
1a. semana	n.d.	n.d.	1,25	1,38
2a. semana	n.d.	n.d.	1,62	0,37
3a. semana	0,02	0,23	1,00	1,13
4a. semana	n.d.	n.d.	1,25	2,73
mar/82				
1a/2a. sem.	n.d.	n.d.	1,25	0,80
3a. semana	n.d.	n.d.	1,12	0,86
abr/82				
1a. semana	0,08	0,06	0,30	0,28
2a. semana	n.d.	n.d.	0,20	0,17
3a. semana	0,35	0,30	0,30	0,09
4a. semana	0,12	0,04	0,20	0,14
maio/82				
1a. semana	f.m.	f.m.	0,50	0,08
2a. semana	f.m.	f.m.	0,30	0,05
3a. semana	f.m.	f.m.	0,90	0,03
4a. semana	0,22	0,04	0,50	0,10
ago/82				
1a. semana	f.m.	f.m.	0,90	0,18
2a. semana	0,22	0,04	0,88	0,17
3a. semana	f.m.	f.m.	0,88	0,18
4a. semana	f.m.	f.m.	1,50	0,20
set/82				
1a. semana	f.m.	f.m.	2,00	0,27
2a. semana	f.m.	f.m.	1,30	0,14
3a. semana	f.m.	f.m.	1,13	0,12
4a. semana	f.m.	f.m.	0,63	0,02

TABELA 15. Valores médios de pH, condutividade elétrica, cor, turbidez e alcalinidade obtidos nas análises da água de Precipitação Interna em talhões puros de *Pinus caribaea hondurensis* no período de outubro/1981 a setembro/1982.

PERÍODO semana/mês	pH	Condutivi- dade umho/cm	Cor	Turbidez (FTU)	Alcali- nidade (ml)
1981					
1 ^a /10	5,3	37,0	36,6	2,63	0,36
2 ^a /10	5,8	27,5	f.m.	1,50	0,22
3 ^a /10	5,5	25,0	f.m.	0,85	0,15
4 ^a /10	5,4	22,0	10,0	0,92	0,05
1 ^a /11	5,1	18,5	20,0	1,00	0,03
2 ^a /11	5,5	19,0	10,0	f.m.	f.m.
3 ^a /11	5,2	19,8	17,5	0,95	0,10
4 ^a /11	5,1	65,0	50,0	3,40	0,28
1 ^a /12	4,9	20,0	20,0	1,45	0,10
2 ^a /12	5,2	19,7	20,0	1,00	0,10
3 ^a /12	4,7	22,0	10,0	4,00	0,04
4 ^a /12	5,1	20,0	10,0	1,75	0,05
1.982					
2 ^a /01	5,5	13,2	n.d.	0,58	0,05
3 ^a /01	4,9	21,0	10,0	1,00	0,03
4 ^a /01	5,2	16,5	n.d.	0,73	0,06
1 ^a /02	5,9	20,0	22,5	1,25	0,19
3 ^a /02	5,6	24,0	35,0	1,95	0,18
4 ^a /02	5,2	14,0	15,0	1,00	0,11
1 ^a /2 ^a /03	5,2	15,0	5,0	1,15	0,11
3 ^a /03	5,1	15,2	5,0	1,30	0,10
3 ^a /04	5,7	29,3	23,3	1,13	0,24
3 ^a /4 ^a /05	6,3	24,5	25,0	1,45	0,30
2 ^a /06	6,1	16,6	21,6	1,30	0,33
3 ^a /06	6,1	23,3	20,0	2,50	0,42
4 ^a /06	6,0	20,3	80,0	1,25	0,33
2 ^a /07	6,1	42,0	35,0	3,50	0,60
3 ^a /07	6,0	30,0	40,0	1,50	0,42
4 ^a /07	6,8	92,0	35,0	3,30	0,75
2 ^a /08	6,2	53,0	25,0	1,30	0,60
4 ^a /08	6,1	130,0	55,0	3,20	0,78
3 ^a /09	6,3	125,0	80,0	4,60	1,80
4 ^a /09	6,1	66,0	40,0	1,90	0,60

TABELA 16. Valores médios de pH, condutividade elétrica, cor, turbidez e alcalinidade obtidos nas análises da água de Precipitação Interna em ta-lhões puros de *Liquidambar styracifua* no pe-ríodo de outubro/1981 à setembro/1982.

PERÍODO semana/mês	pH	Condutivi- dade umho/cm	Cor	Turbidez (FTU)	Alcali- nidade (ml)
1981					
1 ^a /10	5,9	31,6	43,3	8,50	0,46
2 ^a /10	6,0	38,0	f.m.	0,55	0,60
3 ^a /10	6,0	26,5	f.m.	0,90	0,19
4 ^a /10	5,5	23,0	10,0	0,65	0,13
1 ^a /11	5,9	18,2	10,0	1,30	0,05
2 ^a /11	5,9	20,0	20,0	f.m.	f.m.
3 ^a /11	5,1	17,0	17,5	0,60	n.d.
4 ^a /11	5,3	51,0	20,0	3,60	0,35
1 ^a /12	5,2	19,5	30,0	1,60	0,11
2 ^a /12	5,0	19,4	30,0	1,15	0,06
3 ^a /12	5,8	19,5	10,0	3,75	0,15
4 ^a /12	5,3	15,1	n.d.	0,80	0,08
1.982					
2 ^a /01	5,5	14,0	n.d.	0,60	0,05
3 ^a /01	5,3	21,5	20,0	1,55	0,13
4 ^a /01	5,5	19,6	10,0	1,00	0,16
1 ^a /02	5,9	17,2	20,0	0,95	0,25
3 ^a /02	5,8	27,5	40,0	1,50	0,19
4 ^a /02	5,6	17,0	30,0	1,25	0,29
1 ^a /2 ^a /03	6,0	18,0	25,0	1,10	0,22
3 ^a /03	5,6	14,5	15,0	1,45	0,19
3 ^a /04	6,1	43,6	60,0	1,13	2,49
3 ^a /4 ^a /05	6,5	62,0	11,5	2,20	0,95
2 ^a /06	6,6	21,0	38,3	1,86	0,52
3 ^a /06	6,5	32,0	83,0	3,20	0,71
4 ^a /06	6,0	20,5	57,5	1,35	0,50
2 ^a /07	6,5	73,0	60,0	6,00	1,70
3 ^a /07	6,2	35,0	55,0	1,20	0,90
4 ^a /07	6,7	70,0	65,0	2,00	0,82
2 ^a /08	6,4	55,0	65,0	1,50	1,13
4 ^a /08	6,5	112,0	60,0	1,80	1,55
3 ^a /09	6,5	84,0	60,0	2,00	1,22
4 ^a /09	6,5	40,0	45,0	1,10	1,00

TABELA 17. Valores médios de pH, condutividade elétrica, cor, turbidez e alcalinidade obtidos nas análises da água de Precipitação Interna em talhões mistos de *Pinus* e *Liquidambar* no período de outubro/1981 à setembro/1982.

PERÍODO semana/mês	pH	Condutivi- dade umho/cm	Cor	Turbidez (FTU)	Alcali- nidade (ml)
1981					
1 ^a /10	5,7	29,3	50,0	2,13	0,40
2 ^a /10	6,1	28,0	f.m.	1,00	0,22
3 ^a /10	5,8	28,0	f.m.	0,72	0,26
4 ^a /10	5,5	23,0	20,0	0,97	0,10
1 ^a /11	5,4	18,2	15,0	0,97	0,14
2 ^a /11	5,5	19,7	10,0	f.m.	f.m.
3 ^a /11	5,1	18,0	10,0	0,90	0,02
4 ^a /11	5,2	57,5	40,0	3,50	0,28
1 ^a /12	5,0	21,0	15,0	1,05	0,10
2 ^a /12	5,0	19,5	29,0	0,90	0,03
3 ^a /12	4,8	20,0	20,0	2,43	0,08
4 ^a /12	5,3	14,6	n.d.	0,55	0,08
1.982					
2 ^a /01	5,4	15,0	10,0	0,57	0,06
3 ^a /01	5,1	21,0	10,0	1,25	0,11
4 ^a /01	5,5	21,0	10,0	1,35	0,19
1 ^a /02	5,9	14,2	25,0	0,90	0,20
3 ^a /02	5,7	29,0	25,0	1,70	0,22
4 ^a /02	5,6	15,0	30,0	1,00	0,22
1 ^a /2 ^a /03	5,5	13,2	10,0	0,92	0,11
3 ^a /03	5,4	13,2	20,0	1,00	0,13
3 ^a /04	5,8	23,6	26,6	1,15	0,27
3 ^a /4 ^a /05	6,6	40,5	35,0	1,45	0,80
2 ^a /06	6,6	20,0	31,6	2,23	0,53
3 ^a /06	6,4	32,5	28,0	3,60	0,52
4 ^a /06	6,3	20,4	37,5	1,90	0,50
2 ^a /07	5,8	25,0	10,0	4,00	0,44
3 ^a /07	6,0	33,0	30,0	3,00	0,57
4 ^a /07	6,4	71,0	70,0	3,00	0,94
2 ^a /08	6,5	65,0	50,0	2,00	1,40
4 ^a /08	6,7	125,0	90,0	2,00	1,83
3 ^a /09	6,2	92,0	85,0	3,50	1,67
4 ^a /09	6,3	60,0	55,0	1,30	0,90

TABELA 18. Valores médios de pH, condutividade elétrica, cor, turbidez e alcalinidade obtidos nas análises da água da Chuva coletada no aberto no período de outubro/1981 à setembro/1982.

PERÍODO semana/mês	pH	Condutivi- dade umho/cm	Cor	Turbidez (FTU)	Alcali- nidade (ml)
1981					
1 ^a /10	5,5	17,0	18,3	2,03	0,13
2 ^a /10	5,7	20,0	f.m.	0,60	0,06
3 ^a /10	5,7	16,0	f.m.	0,90	0,06
4 ^a /10	5,4	15,0	n.d.	0,53	0,05
1 ^a /11	5,2	14,0	10,0	1,00	0,02
2 ^a /11	5,3	17,0	n.d.	f.m.	f.m.
3 ^a /11	4,9	15,5	5,0	0,60	n.d.
4 ^a /11	5,0	23,0	10,0	2,90	0,05
1 ^a /12	5,0	16,0	20,0	0,63	0,08
2 ^a /12	4,9	15,6	n.d.	1,23	n.d.
3 ^a /12	4,8	19,5	10,0	2,33	0,02
4 ^a /12	f.m.	f.m.	f.m.	f.m.	f.m.
1.982					
2 ^a /01	5,1	12,7	n.d.	0,36	n.d.
3 ^a /01	5,2	16,7	n.d.	1,00	0,02
4 ^a /01	5,2	15,5	n.d.	0,92	0,05
1 ^a /02	5,5	13,0	20,0	0,80	0,12
3 ^a /02	5,7	24,0	10,0	1,70	0,17
4 ^a /02	5,3	12,5	10,0	0,60	0,11
1 ^a /2 ^a /03	4,9	11,5	n.d.	0,45	0,90
3 ^a /03	5,2	11,2	5,0	0,60	0,10
3 ^a /04	5,4	18,6	5,0	0,59	0,15
3 ^a /4 ^a /05	5,7	18,7	7,5	0,82	0,29
2 ^a /06	5,9	13,1	0,2	1,00	0,32
3 ^a /06	5,8	15,0	5,0	3,70	0,32
4 ^a /06	6,2	16,4	0,5	1,05	0,37
2 ^a /07	6,1	50,0	50,0	5,00	0,90
3 ^a /07	5,9	19,0	n.d.	1,00	0,27
4 ^a /07	6,1	35,0	10,0	2,50	0,65
2 ^a /08	6,0	26,0	10,0	1,80	0,45
4 ^a /08	6,2	50,0	30,0	2,20	0,65
3 ^a /09	6,1	36,0	25,0	2,80	0,58
4 ^a /09	5,9	35,0	20,0	1,60	0,35

ESPE - COLF. 12	1 Soma	2 Media	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 - 1	35.600	55.600	44.500	48.500	43.800	45.400	65.700	60.500	62.800	30.300	31.300
36.800	560.800	46.733									
2 - 1	40.700	26.800	26.400	35.700	14.700	23.100	26.100	41.200	20.500	32.500	32.800
30.000	350.500	29.208									
3 - 1	21.700	14.500	23.500	23.300	20.500	21.600	15.200	11.500	10.700	17.800	24.500
19.400	224.200	18.683									
1 - 2	31.400	26.300	20.800	38.600	37.600	46.200	44.800	40.500	43.700	27.400	38.400
30.900	426.600	35.550									
2 - 2	18.400	27.300	27.300	30.900	22.100	23.000	12.600	24.300	13.600	21.300	35.900
26.400	278.100	23.175									
3 - 2	24.300	26.700	33.200	20.800	21.700	22.400	18.100	19.300	14.400	41.800	34.700
34.500	311.900	29.992									
1 - 3	47.800	44.000	41.000	29.800	35.200	33.400	39.200	40.000	41.200	30.700	23.100
27.500	432.900	36.075									
2 - 3	34.900	32.600	41.200	31.000	37.500	29.700	12.500	33.100	34.300	56.900	63.500
29.200	436.400	36.367									
3 - 3	11.900	8.000	15.200	11.600	12.200	15.500	16.100	17.600	11.000	12.000	11.100
10.500	152.700	12.725									
1 - 4	55.300	31.400	51.100	31.500	34.500	26.100	38.400	39.900	29.300	66.600	59.400
71.900	535.400	44.617									
2 - 4	19.600	21.800	24.400	30.600	17.900	20.300	20.500	26.500	22.000	19.400	21.000
20.900	264.900	22.075									
3 - 4	7.800	7.600	14.600	5.200	4.500	6.700	5.900	6.500	3.700	14.900	10.200
13.200	100.800	8.400									
Soma SImp.	349.400	317.600	363.200	337.500	302.200	313.400	315.100	360.900	307.200	371.600	385.900
351.200											
Media Arit. 29.267	29.117	26.467	30.267	28.125	25.183	26.117	26.258	30.075	25.600	30.967	32.158

TABELA 20. Concentrações médias(%) dos nutrientes em diferentes etapas de decomposição, nos talhões puros e mistos de *Pinus* e *Liquidambar*.

LEGENDA: T₀ = ocasião do impedimento de novo material na serapilheira (novembro/1981).

T₆ = 6 meses de decomposição (maio/1982)

T₁₂ = 12 meses de decomposição (novembro/1982)

T₂₀ = 20 meses de decomposição (julho/1983)

		N	P	K	Ca	Mg
T ₀	<i>Pinus</i>	0,62	0,02	0,09	0,34	0,07
	<i>Liquidambar</i>	0,85	0,04	0,08	0,63	0,17
	Misto	0,80	0,04	0,09	0,64	0,17
T ₆	<i>Pinus</i>	0,65	0,02	0,17	0,33	0,06
	<i>Liquidambar</i>	0,89	0,04	0,05	0,56	0,12
	Misto	0,96	0,05	0,06	0,60	0,11
T ₁₂	<i>Pinus</i>	0,69	0,02	0,05	0,35	0,06
	<i>Liquidambar</i>	1,00	0,04	0,05	0,55	0,13
	Misto	0,94	0,05	0,06	0,57	0,12
T ₂₀	<i>Pinus</i>	0,73	0,02	0,05	0,31	0,04
	<i>Liquidambar</i>	1,01	0,05	0,05	0,46	0,12
	Misto	0,97	0,05	0,05	0,50	0,12