

DEPOSIÇÃO DE MATERIAL ORGÂNICO E NUTRIENTES
EM UMA FLORESTA NATURAL E EM UMA PLANTAÇÃO
DE EUCALIPTOS NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO

ANTONIO APARECIDO CARPANEZZI

Pesquisador da EMBRAPA
Bolsista do CNPq

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
Janeiro, 1980

DEPOSIÇÃO DE MATERIAL ORGÂNICO E NUTRIENTES
EM UMA FLORESTA NATURAL E EM UMA PLANTAÇÃO
DE EUCALIPTOS NO INTERIOR DO ESTADO DE SÃO PAULO

ANTONIO APARECIDO CARPANEZZI

Pesquisador da EMBRAPA

Bolsista do CNPq

Orientador: Fábio Poggiani

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
Janeiro, 1980

A meus pais e irmãos

A Amador da Silva, mateiro

Para a Preta

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Fábio Poggiani, pela orientação re
cebida.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa - CNPq, por boll
sa concedida no ano de 1977.

Aos administradores, engenheiros e operários da
Fazenda Rio Claro, da Duraflora - Silvicultura e Comércio Ltda,
em Lençóis Paulista, pelo apoio aos trabalhos de campo.

Aos inúmeros amigos que auxiliaram na execução
de trabalhos de laboratório.

ÍNDICE

1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	9
3.1. Conceituação do ciclo biológico de nutrientes de um ecossistema florestal	9
3.2. Importância relativa dos componentes da etapa de restituição de nutrientes no ciclo biológico	10
3.2.1. Deposição de material orgânico ou "litter fall"	10
3.2.2. Lavagem foliar	11
3.2.3. Escoamento pelo tronco	12
3.2.4. A ação das raízes	12
3.3. Caracterização das frações do material orgânico decíduo quanto ao peso	13
3.3.1. Folhas	14
3.3.2. Frações lenhosas	14
3.3.3. Cascas	15
3.3.4. Frações menores (miscelânea)	16
3.4. Caracterização das frações do material orgânico decíduo quanto à concentração de nutrientes	17
3.4.1. Folhas	17
3.4.1.1. Comparação com outras frações	17
3.4.1.2. Importância relativa dos nutrientes	18

3.4.1.3. Variação estacional.....	18
3.4.2. Frações lenhosas	20
3.4.2.1. Comparação com outras frações	20
3.4.2.2. Importância relativa dos nutrientes	21
3.4.2.3. Variação estacional	21
3.4.3. Cascas	21
3.4.3.1. Comparação com a fração foliar	21
3.4.3.2. Importância relativa dos nutrientes	22
3.4.3.3. Variação estacional	22
3.4.4. Frações menores (miscelânea)	22
3.5. Fatores que afetam as taxas de deposição de material orgânico	23
3.5.1. Coníferas versus folhosas	23
3.5.2. Características ambientais	23
3.5.3. Características do ecossistema florestal	25
3.5.3.1. Plantações florestais versus florestas naturais.....	25
3.5.3.2. Relações com a lotação e com a área basal	26
3.5.3.3. A adição e a retirada de nutrientes	26
3.5.4. O fator tempo	27
3.5.4.1. Variação estacional da deposição do material orgânico	27

3.5.4.2. Variação anual da deposição do material orgânico	29
3.5.4.2.1. Fatores cíclicos da comunidade	29
3.5.4.2.2. Fatores climáticos e biológicos	30
3.5.4.3. A influência do estágio seral	30
3.5.5. Taxas de deposição de material orgânico em ecossistemas florestais	31
3.6. Fatores que afetam a concentração de nutrientes do material orgânico decíduo	33
3.6.1. A fertilidade dos solos	33
3.6.2. Espécies	34
3.7. Taxas de restituição de nutrientes pela deposição de material orgânico	34
3.8. Aspectos da amostragem da deposição de material orgânico	35
3.8.1. Sobre o local de amostragem	35
3.8.2. Sobre a adequação da amostragem	36
3.8.3. Número e modo de disposição das parcelas de amostragem	36
3.8.4. Forma e tamanho das parcelas	37
3.8.4.1. Folhas	37
3.8.4.1.1. Forma	37
3.8.4.1.2. Tamanho	38
3.8.4.2. Frações lenhosas	39
3.8.4.3. Cascas	39

3.8.4.4. Outras frações do mate_	
rial orgânico decíduo	39
3.8.5. Frequência das coletas	40
4. MATERIAL E MÉTODOS	41
4.1. Caracterização das áreas experimentais	41
4.1.1. Localização, clima regional e to_	
pografia	41
4.1.2. Solos	42
4.1.3. O Matão	43
4.1.4. O eucaliptal	51
4.2. Material	51
4.3. Métodos	52
4.3.1. Distribuição das bandejas	52
4.3.2. Período e frequência das coletas	52
4.3.3. Processamento do material coleta-	
do	52
4.3.3.1. Secagem preliminar	52
4.3.3.2. Separação em frações	52
4.3.3.3. Secagem definitiva e pe_	
sagem	53
4.3.3.4. Amostragem e moagem para	
análise química	53
4.3.3.5. Análise química	53
5. RESULTADOS	54
6. DISCUSSÃO	62
6.1. Aspectos da amostragem da deposição de ma_	
terial orgânico	62

6.1.1. Aspectos da amostragem da deposição de material orgânico na mata	64
6.1.2. Aspectos da amostragem da deposição de material orgânico no eucaliptal	65
6.2. Variação estacional da deposição de material orgânico	66
6.2.1. Variação estacional da deposição do material orgânico na mata	66
6.2.2. Variação estacional da deposição de material orgânico no eucaliptal	67
6.3. Deposição anual de material orgânico	70
6.3.1. Deposição anual de material orgânico na mata	70
6.3.2. Deposição anual de material orgânico no eucaliptal	73
6.4. Variação estacional da concentração de nutrientes	77
6.5. Concentrações de nutrientes no material deposto no período anual	78
6.6. Deposição anual de nutrientes	80
6.7. Efeito do eucaliptal sobre o solo	83
6.7.1. Efeito da deposição anual de material orgânico	83
6.7.2. Efeito da deposição anual de nutrientes	85
6.8. Sugestões para investigações	87
7. CONCLUSÕES	88
8. SUMMARY	90
9. LITERATURA CITADA	93

1. RESUMO

No Brasil as plantações florestais com espécies de *Pinus* e *Eucalyptus* somam quase 3 milhões de hectares. A taxa anual de aumento de área plantada é 200-250 mil hectares. Todavia, há carência de estudos ecológicos sobre plantações florestais e sobre ecossistemas naturais. A dinâmica funcional dos ecossistemas é pouco conhecida, e não há dados numéricos para avaliar os efeitos da substituição das vegetações nativas pelas plantações, ou para identificar fatores potencialmente limitantes à produtividade das plantações. Neste estágio de conhecimentos, investigações sobre o ciclo biológico de nutrientes são consideradas como um passo inicial importante para a compreensão dos ecossistemas florestais.

O presente trabalho trata da deposição de material orgânico e de seus nutrientes em dois ecossistemas florestais contíguos, localizados em Lençóis Paulista, SP. Um dos ecossistemas é uma área de floresta ripária subtropical latifoliada semidecídua, madura. O outro corresponde a uma plantação comercial de eucaliptos, de 4 a 5 anos de idade, plantada com *Eucalyptus saligna* Smith e replantada, em cerca de 40% das covas, com *E. grandis* Hill ex Maiden. A vegetação original do local da plantação de eucaliptos era um cerrado aberto. O solo da mata é mais rico em nutrientes e tem maior teor de argila

que o solo do eucaliptal. Em ambos os ecossistemas o material decíduo foi coletado em bandejas quadradas de $1m^2$ de área de recepção, por um período de 15-16 meses. O material coletado foi dividido em 3 frações: folhas, ramos e miscelânea. Foram efetuadas análises químicas para determinar N, P, K, Ca e Mg.

A amostragem baseada em bandejas de $1m^2$ foi adequada somente para a mensuração da queda de folhas. Há indícios de que a amostragem por bandejas pode ser utilizada para a medição da fração miscelânea em florestas naturais similares à de Lençóis Paulista. Para a mensuração de cascas decíduas e da queda de partes lenhosas (incluindo ramos de todos os diâmetros e caules) é recomendada a adoção de parcelas apropriadas.

As médias anuais de deposição de material orgânico e nutrientes foram:

Vegetação	Material orgânico (kg/ha)	Nutrientes (kg/ha)				
		N	P	K	Ca	Mg
Mata						
Total	10503	202,5	11,25	71,9	239,6	31,2
Folhas	6740	138,7	7,20	54,1	155,9	22,4
Eucaliptal						
Total	7568	39,7	2,89	11,1	34,8	15,5
Folhas	4687	32,5	2,29	9,5	24,5	11,7

As folhas constituíram a principal fração do material coletado nas bandejas, equivalendo a cerca de dois terços do total, tanto na mata como no eucaliptal. O padrão de variação estacional da deposição foliar diferiu nos dois ecossistemas. Na mata, a deposição foi mais intensa no período de agosto a novembro, aproximadamente, o qual normalmente

corresponde ao final da estação mais fria e de menor precipitação e ao início das chuvas. No eucaliptal a deposição foliar mais intensa ocorreu de dezembro a março, aproximadamente, enquadrando-se dentro do período quente e chuvoso.

Os valores anuais médios da fração foliar e da deposição total de material orgânico foram maiores na mata. Comparados com valores da literatura mundial obtidos por amostragem com bandejas, os valores da mata são elevados para a latitude local, e aproximam-se de valores considerados próprios de florestas tropicais úmidas; as taxas de deposição do eucaliptal são consideradas normais para a latitude local. Há indícios de existência de relação entre deposição foliar e área basal em eucaliptais de alta produtividade do interior do Estado de São Paulo, em idade próxima ao primeiro corte, e de que o valor da relação é em torno de 230-260 Kg/m².

Os valores das concentrações em nutrientes das frações decíduas da mata e os das quantidades de nutrientes vindas ao solo pela deposição do seu material orgânico são próximas aos valores mais elevados relatados pela literatura mundial. Os valores correspondentes do eucaliptal são próximos aos de outros ecossistemas de *Eucalyptus*, e são acentuadamente inferiores aos valores da mata.

A deposição de material orgânico e seus nutrientes constituem apenas aspectos parciais da dinâmica de ecossistemas florestais, e necessitam de outras informações para que possam ser claramente interpretadas e para que possam ser utilizadas na definição de ações práticas, como a adubação. Por este motivo, são fornecidas sugestões para futuras pesquisas, consideradas prioritárias no estágio atual de conhecimentos.

2. INTRODUÇÃO

À medida que um ecossistema natural evolui para o estágio clímax sua homeostase aumenta. O estágio clímax representa o ápice da interação harmônica dos organismos entre si e com o ambiente. De outro lado, as plantações efetuadas pelo homem moderno constituem ecossistemas extremamente simplificados, nos quais se procura manter um estado não equilibrado entre os seres vivos, mas sim favorável às espécies plantadas, previamente selecionadas para proporcionarem produtividade elevada. Todos os fatores de produção são dirigidos para as espécies plantadas; a progressão para o estágio clímax é visualizada como competição por plantas indesejáveis e sistematicamente sustada.

Estes conceitos permitem a compreensão de características dos dois modos básicos de produção racional de madeira e produtos florestais: a exploração de florestas naturais, acompanhada de práticas de manejo, e o estabelecimento de plantações de espécies selecionadas, em monoculturas ou consórcios simples. No primeiro caso, a principal vantagem é a maior amplitude de opções para o uso múltiplo da floresta. Por seu lado, as plantações florestais permitem a obtenção de produtividades mais elevadas, fator essencial às finalidades que requerem grandes quantidades de madeira, de qualidade homogêneas, a baixo custo final.

A diversidade de espécies em formações naturais no estágio clímax é função inversa da ocorrência, em épocas atual ou passada, de fatores limitantes aos processos biológicos. Nos continentes observa-se, com exceções, um aumento da intensidade dos fatores limitantes com o aumento de latitude e de altitude, devido às condições climáticas decorrentes serem, de modo progressivo, desfavoráveis aos processos vitais. ODUM (1975, p. 182) relata que nas florestas situadas imediatamente abaixo da tundra ártica a diversidade de espécies é baixa, muitas vezes com um ou duas espécies apenas. Em contraste, CARVALHO (1978), em levantamento de 35 ha na Amazônia brasileira, constatou a existência de mais de 80 espécies arbóreas comercializáveis.

No aproveitamento de florestas naturais uma baixa diversidade de espécies torna simples as operações de manejo, e resulta em maior homogeneidade da matéria prima. De outro lado, um número elevado de espécies exige experimentação intensa para definir as práticas de manejo, mais complexas, e a heterogeneidade da matéria prima requer soluções particulares, técnica e economicamente viáveis, para sua utilização. Independente do grau de diversidade, há necessidade de incorporar-se grandes áreas às atividades florestal, devido à produtividade não elevada. Estes motivos explicam, em parte, porque a utilização racional de florestas naturais está concentrada em regiões de baixa densidade demográfica, com florestas extensas e de composição simples, como no Canadá.

A conjuntura atual somente torna economicamente viável a exploração das florestas tropicais brasileiras no tocante a uma pequena fração de espécies que possuem aplicação já consagrada. A extração restringe-se às árvores mais valiosas, não sendo aplicadas práticas de manejo que garantiriam a continuidade do recurso florestal. Este quadro poderá mudar com a evolução política e econômica do país, no sentido de aproveitar suas florestas com maior intensidade e de modo per

manente. Para isto há necessidade urgente de maior número de pesquisas, visando obter conhecimentos sólidos sobre aspectos técnicos, econômicos, ecológicos e sociais, relacionados ao manejo sustentado das florestas naturais e a outros usos da terra. Uma resenha da problemática relacionada à utilização racional de florestas tropicais úmidas é apresentada por LESLIE (1977), que conclui pelo estabelecimento de plantações como meio de tornar mais segura a oferta futura de madeiras tropicais.

As plantações florestais tem sido realizadas por nações de condições naturais e políticas diversas, como mostram os dados fornecidos por CLEMENTE (1975). Nas regiões do Brasil em que são efetuadas, sua necessidade pode ser explicada, basicamente, por dois motivos. Um, a formação cultural e econômica de nossa população, que não conduziu à estruturação de sistemas contínuos de produção a partir de matas nativas - e sim à extração seletiva destas matas, seguida por sua destruição, na colonização. Outro, o fato de que as nossas mais expressivas formações remanescentes - a floresta amazônica e o cerrado - não se prestam a alimentar satisfatoriamente os grandes centros de demanda, localizados nas regiões Sul e Sudeste. A Amazônia, devido à heterogeneidade de suas espécies e a distância do mercado consumidor. O cerrado, pelos mesmos motivos e, adicionalmente, pela baixa produtividade e pelas características adaptativas das árvores.

Em 1903 a Companhia Paulista de Estradas de Ferro, em ação pioneira, decidiu estabelecer áreas de plantações para assegurar, a médio prazo, o suprimento próprio de suas necessidades de madeira. A tarefa, confiada a Edmundo Navarro de Andrade, resultou na escolha de espécies de *Eucalyptus*, que mostraram ser superiores às outras, nativas ou introduzidas. O grande sucesso inicial da eucaliptocultura ampliou sua utilização para outros fins e consolidou a plantação florestal como sistema de produção de madeira em nosso meio.

A área ocupada pelas plantações florestais aumentou de modo significativo a partir de 1967, devido à adoção de incentivos fiscais ao setor. Segundo BERUTTI (1977), em 1964 havia pouco mais de 500 000ha plantados, dos quais 400 000 ha no Estado de São Paulo. Em 1978, o total aproxima-se de 2 800 000ha prevendo-se, para o período imediato, uma expansão próxima de 250 000ha ao ano. Espécies de *Pinus* e *Eucalyptus* são as mais difundidas ocupando, em 1977, cerca de 90% da área plantada, como informam GOLFARI *et alii* (1978, p. 15).

A substituição dos ecossistemas pré-existentes por plantações florestais implica na modificação das condições ecológicas, o que decorreria da implantação de qualquer outra cultura. Nasce daí, a questão: quais são estas modificações, e quais suas consequências futuras? Estas indagações deveriam ser estendidas, também, a outras atividades do setor primário, principalmente àquelas de grande expressão territorial, como a cultura de cana-de-açúcar e a pecuária.

A ecologia florestal *sensu lato* permite a compreensão do ecossistema da plantação florestal através da junção de estudos sobre assuntos complementares entre si, como a dinâmica de populações e as ciclagens de água e nutrientes. Os conhecimentos adquiridos permitem localizar fatores potencial e efetivamente limitantes à produtividade do ecossistema, bem como formular sugestões para ajustá-lo ao conceito de uso múltiplo de floresta.

Não obstante sua importância, as investigações sobre a ecologia dos povoamentos artificiais são ainda raras no Brasil, havendo concordância geral a respeito da necessidade de intensificá-las. São igualmente raras e importantes as investigações ecológicas sobre formações naturais brasileiras, visando sua compreensão e o estabelecimento de valores que possam servir de comparação aos observados em povoamentos artificiais.

Um levantamento completo sobre a ciclagem de

nutrientes em um ecossistema florestal requer a investigação, em conjunto, da ciclagem da água, tomando-se uma bacia hidrográfica como unidade de observações. A dimensão desta pesquisa exige recursos técnicos e financeiros elevados; estes fatores, aliados à falta de consciência ambiental, a tornam pouco frequente nos países em desenvolvimento, e mesmo nos desenvolvidos.

São mais frequentes, em qualquer país, estudos sobre os aspectos do ciclo biológico de nutrientes que têm maior importância a curto ou médio prazo na dinâmica funcional do ecossistema. Os dados, embora parciais, constituem importantes informações ao silvicultor e ao ecologista. Neste sentido, os aspectos de maior interesse são a deposição de material orgânico e nutrientes, a decomposição do material orgânico caído e a exportação de nutrientes na retirada da madeira.

Este trabalho foi desenvolvido em dois ecossistemas florestais contíguos em Lençóis Paulista, Estado de São Paulo. O primeiro é uma área remanescente da floresta latifoliada subtropical semidecídua; o outro, uma plantação comercial de eucaliptos, em solo cuja vegetação original era cerrado. Os objetivos da investigação foram:

- a) estimar a deposição ao solo do material orgânico e seus nutrientes, nos dois ecossistemas; e
- b) levantar hipóteses quanto ao efeito do eucaliptal sobre características do solo, a partir das taxas de deposição observadas.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Conceituação do ciclo biológico de nutrientes de um ecossistema florestal

BORMANN e LIKENS (1970) consideram que os nutrientes de um ecossistema encontram-se distribuídos em 4 compartimentos básicos. O compartimento orgânico consiste de organismos vivos e seus restos. O compartimento de nutrientes disponíveis é composto de nutrientes na solução do solo ou presos às superfícies do complexo argila-húmus. O terceiro compartimento consiste de solo e rochas contendo nutrientes em formas temporariamente não disponíveis. O compartimento atmosférico é composto inteiramente por gases, e inclui o ar do solo.

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. Em uma floresta, o ciclo de nutrientes é função do tempo, podendo ser reconhecidos os ciclos diário, estacional e anual; o ciclo anual é, sem dúvida, o mais estudado. Segundo REMEZOV (1958), citado em DUVIGNEAUD e DENAEYER-DE SMET (1970), o ciclo anual é uma unidade básica que pode ser usada para comparação e para estudos de ciclos mais longos, como aqueles ligados à sucessão em ecossistemas florestais.

Em função dos compartimentos envolvidos no ciclo de nutrientes de uma floresta, 2 caminhos principais podem ser evidenciados: o ciclo biológico ou fechado e o ciclo geoquímico ou aberto. De acordo com DUVIGNEAUD e DENAEYER-DE SMET (1970), o ciclo biológico envolve a circulação de nutrientes entre o solo da floresta e as comunidades vegetal e animal, e compreende as etapas de absorção (principalmente pelas raízes), retenção (em cada acréscimo da biomassa) e restituição.

3.2. Importância relativa dos componentes da etapa de restituição de nutrientes no ciclo biológico

Dados apresentados por DUVIGNEAUD e DENAEYER-DE SMET (1970) exemplificam que a etapa de restituição transfere ao solo parte expressiva dos nutrientes absorvidos. Como pode ser inferido de PRITCHETT (1979, p. 200), a relação deposição: absorção é inversamente proporcional à taxa de expansão de biomassa do ecossistema. Ela é baixa nos ecossistemas em rápido crescimento e teoricamente igual a 1 em ecossistemas no estágio clímax, onde a biomassa e a mineralomassa são constantes.

O retorno de nutrientes ao solo é efetuado por 5 componentes: a deposição do material orgânico ou "litter fall", a lavagem foliar ou das copas, a lavagem por escoamento pelo tronco, a produção de exsudatos pelas raízes e a morte de raízes.

3.2.1. Deposição de material orgânico ou "litter fall"

A deposição de material orgânico ou "litter fall" é considerada, tradicionalmente, como o mais importante modo de transferência de nutrientes da vegetação ao solo. Além disso, o material orgânico depositado permite a existência de uma grande variedade de nichos para a fauna e microrganismo e é a fonte para a matéria orgânica coloidal dos solos. As taxas do ciclo da água no interior do ecossistema florestal e a proba

bilidade de ocorrência de incêndios também são fortemente relacionadas com a manta orgânica do piso florestal.

A deposição de material orgânico e a de seus nutrientes serão abordadas, com detalhes, nos itens 3.3. e seguintes.

3.2.2. Lavagem foliar

CURLIN (1970) considera que a lavagem foliar é, após a deposição de material orgânico, o mais importante meio de retorno de nutrientes ao solo e indica, baseado em informes de literatura, que os elementos mais susceptíveis à lavagem são, por ordem decrescente, K, Ca, N e P. HENDERSON *et alii* (1977) verificaram, em 4 ecossistemas florestais do Tennessee, que os elementos mais susceptíveis à lavagem foram $K > Ca > Mg > P > N$. Citando TUKEY (1962), SPURR e BURTON (1973, p. 181) relatam que os nutrientes mais facilmente removidos pela lavagem foliar incluem K, Na, Ca e Mg.

BERNHARD - REVERSAT (1976) apresentou dados referentes a duas florestas naturais e a duas plantações de *Terminalia ivorensis*, na Costa do Marfim. No ciclo anual de cada um dos ecossistemas as quantidades de K e P decorrentes da lavagem foliar foram, respectivamente, cerca de duas vezes maior e igual às restituídas pela deposição do material orgânico. Para os demais nutrientes a participação percentual da lavagem foliar em relação ao material orgânico depositado situou-se entre os seguintes extremos: Mg = 23,1 e 117,1; Ca = 18,1 e 38,4 e N = 11,5 e 37,9.

Os trabalhos de WILL (1959), NYE (1961), ATTIWILL (1966), CARLISLE *et alii* (1966), REINERS (1972), WELLS *et alii* (1974) e MILLER *et alii* (1976b) apresentam outros exemplos da importância da lavagem foliar na restituição de nutrientes ao solo.

3.2.3. Escoamento pelo tronco

Informações de diversos autores reunidas por LIMA (1975) indicam que o arraste de nutrientes através do escoamento pelo tronco parece desempenhar papel importante nas condições químicas do solo das imediações do tronco. Entretanto, CURLIN (1970) considera que na etapa de restituição de nutrientes ao solo o escoamento pelo tronco contribui com quantidades insignificantes, quando comparado à lavagem foliar.

Em povoamento de 34 anos de *Alnus rubra*, TURNER *et alii* (1976) constataram as seguintes participações do escoamento pelo tronco, em relação percentual ao total de nutrientes depositado pelo material orgânico caído: N = 0,09; P = traço; K = 0,59; Ca = 0,24; Mg = 0,66 e Mn = 0,04.

Dados sobre a participação do escoamento pelo tronco na restituição de nutrientes ao solo também foram obtidos por TARRANT *et alii* (1968), DENAEYER-DE SMET (1969), WELLS *et alii* (1972), EATON *et alii* (1973) e MILLER *et alii* (1976b).

3.2.4. A ação das raízes

Há 2 modos pelos quais as raízes podem transferir nutrientes ao solo: a) pela morte de massas radiculares e b) através de exsudatos radiculares. Ambos são pouco estudados.

Segundo CURLIN (1970) a importância de exsudatos das raízes na restituição de nutrientes ao solo é desconhecida, devido às dificuldades de mensuração.

Em floresta de folhosas do leste dos Estados Unidos, SMITH (1976) determinou que as 3 principais espécies arbóreas transferiram ao solo, por exsudações radiculares, as seguintes quantias, em Kg/ha/ano: N total = 0,81; K = 8,05; P = PO_4 = 0,22; Ca = 3,55; Mg = 0,18; Na = 34,23 e Cl = 1,84.

GREENLAND e KOWAL (1960), citados por DOMMERGUES (1963), estimaram em 2 400 Kg/ha/ano a incorporação de material orgânico ao solo pela morte de raízes, em floresta tropical úmida de Ghana.

Em povoamentos de *Pinus taeda*, investigações de WELLS e JORGENSEN (1975) e HENDERSON e HARRIS (1975), citados por MILLER *et alii* (1976b), demonstraram que a transferência anual de N ao solo pela morte de raízes é superior ao valor proporcionado pela queda de material orgânico.

Outros dados sobre a restituição de nutrientes ao solo através da morte de raízes podem ser examinados em OVINGTON (1962).

3.3. Caracterização das frações do material orgânico decíduo quanto ao peso

O material orgânico decíduo é constituído por folhas, gravetos, ramos, caules, cascas, frutos, flores, partes vegetais não identificadas e cadáveres e dejetos de animais. As folhas constituem, sem dúvida, a fração mais estudada.

Há dificuldades em estabelecer generalizações sobre a importância dos componentes não foliares - casca, tecidos lenhosos, frutos e outros - devido às metodologias empregadas nos trabalhos experimentais. Nem todos os autores mostram preocupação em obter amostragens adequadas; dentre os casos afirmativos, a maior parte ocupa-se exclusivamente com as folhas. Os demais materiais, além de avaliados com precisão insatisfatória, são divididos em frações sem que haja uma regra geral para esta partilha. Cada pesquisador a efetua em função da finalidade principal de investigação ou de características inerentes ao material orgânico depositado no ecossistema estudado.

É importante ressaltar que, com raras exceções,

a amostragem da deposição de material orgânico é efetuada utilizando exclusivamente bandejas de captação de área entre 0,1 e 2,0m². Estas dimensões impedem, automaticamente, a mensuração de certos componentes, como caules ou ramos grossos, e conduzem a uma subestimação do total de material orgânico decíduo. Neste trabalho, salvo indicação em contrário, os totais de deposição e a participação de cada componente referem-se exclusivamente ao material coletado nas bandejas.

3.3.1. Folhas

As folhas são tidas tradicionalmente como a mais importante fração do material orgânico decíduo. Reunindo os dados de uma revisão mundial, BRAY e GORHAM (1964) concluíram que nas diferentes zonas macro-ecológicas consideradas a participação das folhas situou-se entre 58 e 79% do material orgânico caído.

Estudando 5 florestas de idades distintas de *Eucalyptus maculata*, Mc COLL (1966) constatou que a participação das folhas situou-se entre 42,7 e 68,8% do peso total anual do material orgânico deposto.

Em 3 formações de *Eucalyptus regnans*, de 23, 52 e cerca de 220 anos ao início dos trabalhos, ASTHON (1975) verificou que as folhas constituíram 58,7, 43,2 e 51,8% do total deposto, respectivamente.

Mais exemplos podem ser encontrados nos trabalhos de KLINGE e RODRIGUES (1968a), HURD (1971), GOSZ *et alii* (1972), LANG (1974) e EDWARDS (1977), entre outros.

3.3.2. Frações lenhosas

A reunião de dados de Mc COLL (1966), KLINGE e

RODRIGUES (1968a), ASTHON (1975) e BERNHARD-REVERSAT (1976), obtidos pela amostragem convencional, por bandejas, situa a participação destas frações entre 5 e 30% do peso total. Resultados de diversos autores, coletados por BRAY e GORHAM (1964), indicaram participações não superiores a 15%.

Mensurações baseadas em parcelas de amostragem específicas para frações lenhosas, realizadas por GOSZ *et alii* (1972) e MALAISSE *et alii* (1975), apontaram contribuições das frações lenhosas equivalentes a 36,3 e 56,9%, respectivamente, do total de material orgânico caído.

Em povoado de *Alnus rubra* de 34 anos, TURNER *et alii* (1976) verificaram que a participação de partes lenhosas (incluindo caules), foi equivalente a 78,6% do total. Os autores relacionaram a contribuição elevada ao estado do povoamento, que estava em degeneração, pois *Alnus rubra* é espécie pioneira de vida curta.

Como abordado no ítem 2.5.4.3., há indicações de que a participação de partes lenhosas na deposição de material orgânico pode ser associada de modo direto ao estágio seral.

3.3.3. Cascas

A participação das cascas, tomadas isoladamente, em relação ao peso total do material orgânico depositado, depende principalmente das espécies envolvidas. BRAY e GORHAM (1964) afirmam ser desprezível a fração casca no material orgânico depositado por espécies de casca não decídua, como *Fagus spp* e *Carpinus spp*, e que povoamentos de espécies de cascas decíduas, como alguns eucaliptos, apresentam elevada deposição.

Adotando amostragem em separado para frações lenhosas, GOSZ *et alii* (1972) verificaram, em floresta nativa

de folhosas de New Hampshire, que a fração casca representou apenas 1,7% do total. Segundo os autores, as 3 principais espécies da floresta, *Acer saccharum*, *Betula allegheniensis* e *Fagus grandifolia* apresentam, nesta ordem, decréscimo na decíduidade da casca e contribuíram, respectivamente, com 51,1, 31,2 e 16,2% da fração casca.

Em 5 florestas de diferentes idades de *Eucalyptus maculata*, Mc COOL (1966) constatou que a contribuição de casca ao total de material orgânico depositado situou-se entre 9,4 e 45,8%. Em 3 estágios sucessórios de florestas naturais de *Eucalyptus regnans*, investigados por ASHTON (1975), a casca deste eucalipto representou de 13,9 a 18,1% do total depositado nas bandejas.

KLINGE e RODRIGUES (1968a) e BERNHARD-REVERSAT (1976) constituem exemplos de pesquisadores que não consideram a casca *per se* como fração do material orgânico decíduo.

3.3.4. Frações menores (miscelânea)

Os componentes do material orgânico depositado, que são de menor importância quantitativa - como frutos, flores, partes vegetais não identificadas, cadáveres e dejeções de animais - em poucas ocasiões tem sido considerados separadamente, sendo comumente reunidos em um único ou em pouco grupos.

Em 5 florestas de idade distintas de *Eucalyptus maculata* investigadas por Mc COLL (1966), as somatórias das frações miscelânea e frutos corresponderam a valores entre 0,7 e 7,6% do material orgânico coletado nas bandejas.

Em investigação em floresta de terra firme próxima a Manaus, KLINGE e RODRIGUES (1968a) denominaram "frutos" a fração formada por frutos, flores, botões, sementes, cascas e outras partes vegetais não identificadas. Nos anos de 1963

e 1964 a participação deste conjunto correspondeu a 2,5 e 7,5%, respectivamente, dos totais depositados.

Em 4 ecossistemas florestais investigados por BERNHARD-REVERSAT (1976) - duas florestas naturais e duas plantações de *Terminalia ivorensis*, na Costa do Marfim - a contribuição da fração "flores e frutos" situou-se entre 4,0 e 10,9%.

Outras informações sobre a participação de componentes menores na deposição de material orgânico são fornecidos por GOSZ *et alii* (1972), EGUNJOBİ (1974) e ASHTON (1975).

3.4. Caracterização das frações do material orgânico decíduo quanto à conceituação em nutrientes

Segundo CURLIN (1970) as partes de uma árvore obedecem à seguinte ordem, quanto à concentração percentual proporcionada pelo total de nutrientes: folhas > casca > ramos > tronco > raízes. O autor ressalta, ainda, que estruturas ligadas à reprodução podem apresentar-se notavelmente ricas em certos elementos.

3.4.1. Folhas

3.4.1.1 Comparação com outras frações

As folhas apresentam concentração elevada de nutrientes em relação ao total de material orgânico decíduo. Por exemplo, os dados de GOSZ *et alii* (1972), referente a floresta de folhosas em New Hampshire, revelam que o total de 12 nutrientes (inclusive Na) conferiu às folhas a concentração de 3,09%, contra 1,96% do conjunto remanescente, o qual incluiu ramos grossos e caules.

Sem dúvidas outras frações podem apresentar concentrações maiores que as das folhas, para um ou mais nutrientes.

Resultados de BERNHARD-REVERSAT (1976) sobre plantação de *Terminalia ivorensis* em Yapo, na Costa do Marfim, mostraram que as concentrações percentuais para P e K foram mais elevadas na fração "flores e frutos", e que a fração "madeira" foi superior às demais quanto ao Ca.

3.4.1.2. Importância relativa dos nutrientes

Segundo CURLIN (1970) as folhas decíduas contêm nutrientes na sequência $N > Ca > K > P$, embora as espécies calcícolas possam conter mais Ca que N. Em floresta de folhosas no leste dos Estados Unidos, GOSZ *et alii* (1972) constataram a sequência $N > Ca > K > Mg > P$ no ciclo anual. Em plantações de *Eucalyptus saligna* de 6 anos em Piracicaba, SP, os resultados de POGGIANI (1976) conduziram à ordem $Ca > N > K > Mg > P$, também em ciclo anual.

Outros exemplos, que levam à generalização $N \gtrsim Ca > K \gtrsim Mg > P$, foram fornecidos por NYE (1961), KLINGE e RODRIGUES (1968b), WEBB *et alii* (1969), CORNFORTH (1970), ASHTON (1975), BERNHARD-REVERSAT (1976), TURNER *et alii* (1976) e GESSEL e TURNER (1976).

3.4.1.3. Variação estacional

Segundo KRAMER e KOSLOWSKI (1972, p. 297) é conhecido que os teores de N, P e K decrescem nas folhas em abscisão, admitindo-se que sejam transportados a outros tecidos da árvore. Em condições temperadas, DENAEYER-DE SMET (1969) e DUVIGNEAUD e DENAEYER-DE SMET (1970) incluem a lavagem foliar como fator do decréscimo outonal. Todavia, NYE (1961) levantou a hipótese que em condições tropicais o deslocamento de N das folhas decíduas não é tão intenso quanto em condições temperadas.

A imobilidade do Ca também é conhecida. CURLIN (1970), referindo-se ao comportamento de N, P, K e Ca em espécies de clima temperado, afirma que as quantidades destes elementos na folha decídua são menores do que na folha madura, com exceção do Ca. DUVIGNEAUD e DENAEYER-DE SMET (1970) e SAUVAGEOT (1973) forneceram outros exemplos sobre a imobilidade do Ca.

Informações sobre o comportamento do Mg não são acordantes. DUVIGNEAUD e DENAEYER-DE SMET (1970), GOSZ *et alii* (1972) e SAUVAGEOT (1973) o indicam como elemento não móvel ou pouco móvel. MEYER *et alii* (1970, p. 328), KRAMER e KOSLOVSKI (1972, p. 323) e EPSTEIN (1975, p. 61) são unânimes em afirmar que o Mg pode deslocar-se facilmente dos órgãos mais velhos para os mais jovens. Comparando folhas jovens e decíduas presentes no material orgânico depositado por *Pseudotsuga menziesii*, GESSEL e TURNER (1976) verificaram que as folhas jovens apresentam maior concentração de N, P, K e Mg e menor teor de Ca.

Normalmente o período de máxima deposição foliar de um povoamento qualquer corresponde à queda de folhas mais velhas, naturalmente decíduas. As características de movimentação de nutrientes podem, pois, ter reflexos sobre a variação estacional de nutrientes da fração foliar do material orgânico depositado. O caso mais comum - embora em muitas investigações não seja observado - é o aumento das concentrações de Ca, e eventualmente Mg, na estação de máxima deposição, juntamente com o decréscimo das concentrações de nutrientes móveis. Exemplos foram fornecidos por KLINGE e RODRIGUES (1968b), KAWAHARA e TSUTSUMI (1971), GOSZ *et alii* (1972), AUSSENAC *et alii* (1972) e SAUVAGEOT (1973).

WEBB *et alii* (1969) e CORNFORTH (1970) não constataram variação estacional nas concentrações de nutrientes da fração foliar, embora tenha ocorrido variação estacional da deposição.

Como indicado por WEBB *et alii* (1969), GOSZ *et alii* (1972) e GESSEL e TURNER (1976), a queda acentuada de folhas jovens, não decíduas, pode originar concentrações elevadas de nutrientes móveis.

3.4.2. Frações lenhosas

3.4.2.1. Comparação com outras frações

Resultados obtidos por MORRISON (1973), JOHNSON e RISSER (1974) e JORGENSEN *et alii* (1975) exemplificam a redução da concentração percentual de nutrientes com aumento do diâmetro das partes lenhosas, em árvores vivas. Em JOHNSON e RISSER (1974) a exceção apresentada pelo Ca, no conjunto formado por ramos grandes e troncos, pode ser associada à alta concentração de Ca na casca, de 9,0%.

O teor de nutrientes das partes lenhosas do material orgânico depositado também apresenta-se como função inversa dos diâmetros envolvidos. Dados de MILLER *et alii* (1976b), referentes a *Pseudotsuga menziesii*, indicam que a concentração de N no material caído obedeceu a sequência acículas > galhos > ramos. A comparação entre frações lenhosas apresentadas por GOSZ *et alii* (1972) mostra que com o aumento de diâmetro houve decréscimo na concentração de nutrientes, considerados no total ou isoladamente.

Comparadas com a fração foliar, as partes lenhosas do material decíduo normalmente apresentam baixa concentração de nutrientes, considerados em conjunto ou isoladamente. Há eventuais exceções para Ca em peças de pequeno diâmetro, como demonstram os resultados expostos por ATTIWILL (1968), KLINGE e RODRIGUES (1968b), GOSZ *et alii* (1972) e BERNHARD-REVERSAT (1976).

A importância da casca na deposição de nutrientes

tes por estruturas lenhosas é significativa. Em árvore de *Quercus robur*, DUVIGNEAUD e DENAEYER-DE SMET (1970) constataram que as concentrações de nutrientes das cascas são superiores às dos tecidos lenhosos correspondentes. Em sua investigação, GOSZ *et alii* (1972) admitiram que os nutrientes vindos ao solo na fração ramos aparentemente encontravam-se concentrados na casca e nas gemas, uma vez que os tecidos lenhosos apresentariam níveis bastante inferiores.

3.4.2.2. Importância relativa dos nutrientes

Os dados fornecidos por NYE (1961), ATTIWILL (1968), KLINGE e RODRIGUES (1968b), GOSZ *et alii* (1972), ASHTON (1975), BERNHARD-REVERSAT (1976) e TURNER *et alii* (1976), referentes a partes lenhosas de diâmetros variados e com casca, indicam que a concentração de nutrientes segue a ordem $Ca \gtrsim N > K \gtrsim Mg \gtrsim P$.

3.4.2.3. Variação estacional

As pesquisas sobre variação estacional de nutrientes em frações do material orgânico decíduo tem sido dedicadas principalmente às folhas, sendo pequeno o conhecimento sobre as demais frações. KAWAHARA e TSUTSUMI (1971) não constataram em ramos, casca e outras frações.

3.4.3. Casca

3.4.3.1 Comparação com a fração foliar

Dados comparativos entre casca e folha como frações do material orgânico decíduo são escassos. Os números apresentados por GOSZ *et alii* (1972) e ASHTON (1975) indicam que a concentração proporcionada pela somatória de N, P, K, Ca e Mg foi superior nas folhas.

Informações sobre concentrações de nutrientes em cascas de árvores vivas, apresentadas por SETH *et alii* (1963), Mc COLL (1969), DUVIGNEAUD e DENAEYER-DE SMET (1970), YOUNG (1971), JOHNSON e RISSER (1974) e JOHNSTON e BARTOS (1977) revelam que os teores de Ca podem ser elevados, mostrando-se próxim^os ou superiores aos valores com^umentes encontrados em folhas decíduas.

3.4.3.2. Importância relativa dos nutrientes

A reunião de informações fornecidas por NYKVIST (1968), Mc COLL (1969), DUVIGNEAUD e DENAEYER-DE SMET (1970), YOUNG (1971), GOSZ *et alii* (1972), JOHNSON e RISSER (1974), ASHTON (1975), JORGENSEN *et alii* (1975) e JOHNSTON e BARTOS (1977) indica que as concentrações de nutrientes na casca encontram-se na sequência $Ca \gtrsim N > K \gtrsim Mg > P$.

3.4.3.3. Variação estacional

No Japão, KAWAHARA e TSUTSUMI (1971) não constataram variação estacional na concentração de nutrientes em cascas do material orgânico decíduo de 6 ecossistemas florestais.

3.4.4. Frações menores (miscelânea)

As frações menores do material orgânico decíduo envolvem normalmente flores, frutos, sementes, insetos e seus dejectos e outros componentes, em proporções não fixas. Embora variáveis entre os ecossistemas, tais frações costumam apresentar concentração apreciável de nutrientes, quando comparadas com a fração foliar.

Na pesquisa de KLINGE e RODRIGUES (1968b) a fração mista "frutos" situou-se acima da fração foliar, quanto à somatória das concentrações de P, K, Ca e Mg.

BERNHARD-REVERSAT (1976) efetuou investigações

sobre deposição de material orgânico em plantações de *Terminalia ivorensis*, em duas localidades da Costa do Marfim. As concentrações totais (somatória de N, P, K Ca e Mg) da fração foliar e da fração "flores e frutos" foram aproximadamente equivalentes, nos 2 locais. Em ambos os locais a fração "flores e frutos" apresentou-se com baixas concentrações de Ca e Mg, quando cotejada com a fração foliar.

GOSZ *et alii* (1972) e EGUNJOBI (1974) apresentaram outros exemplos de concentrações elevadas de nutrientes das frações menores do material orgânico caído.

3.5. Fatores que afetam as taxas de deposição de material orgânico

3.5.1. Coníferas versus folhosas

Analisando dados referentes à zona temperada fria do hemisfério norte, BRAY e GORHAM (1964) concluíram que as coníferas situaram-se aproximadamente 17 e 8% acima das folhosas, quanto ao total de material orgânico depositado e à fração foliar, respectivamente. Os autores verificaram, todavia, que povoamentos reunidos em áreas menores nem sempre seguem esta tendência. Os valores superiores apresentados pelas coníferas foram atribuídos ao fato de serem perenifólias; índices elevados alcançados pelas folhosas foram explicados como decorrência de ocuparem preferencialmente solos mais férteis.

3.5.2. Características ambientais

A deposição de material orgânico é um dos componentes da produtividade primária líquida de um ecossistema florestal. É compreensível, pois, que ela seja afetada pelas condições ambientais.

BRAY e GORHAM (1964) constataram que as taxas de deposição de material orgânico estão diretamente associadas com as condições ambientais controladoras da produtividade biológica. Os autores e DOMMERGUES (1963) forneceram números indicativos do comportamento de ecossistemas florestais em diferentes zonas macro-ecológicas.

Dentro de cada faixa macro-ecológica há variações ambientais cujos efeitos sobre a capacidade produtiva local podem acarretar alterações nas taxas de deposição de material orgânico. BRAY e GORHAM (1964) consideraram, como as mais importantes fontes de variações locais, a altitude, a face de exposição, a fertilidade química e a água do solo. Pode-se citar, como exemplos corroboradores, os resultados de AUSTRALIA (1967) e DENEV (1975).

ZAVITKOVISKI e NEWTON (1971) apontaram exemplos antagônicos, concluindo que a correlação direta entre a deposição de folhas e a capacidade produtiva local não pode ser generalizada para comunidades de coníferas ou folhosas sem informações adicionais. Em parte, isto é consequência de que as folhas representam apenas parte do material orgânico depositado. As considerações de GRUBB (1977) são exemplificadoras. Referindo-se a florestas tropicais úmidas de diferentes altitudes, ele verificou que os valores do total de material orgânico depositado parecem refletir a biomassa dos ecossistemas - e indiretamente a produtividade - com maior sensibilidade que a fração foliar.

Há espécies cujas taxas de deposição de material orgânico são superiores às de outras, sem que este acontecimento seja motivado por características locais favoráveis. Segundo ZAVITKOVISKI e NEWTON (1971), *Alnus rubra* e *Ceanothus velutinus* proporcionam taxas elevadas de deposição de material orgânico no noroeste dos Estados Unidos; ambas são fixadoras de N e ambas são espécies pioneiras na ocupação de terrenos

pouco férteis. Na opinião dos autores, os fatos sugerem que a produção de grandes quantidades de material orgânico decido pelas duas espécies, mesmo sob condições desfavoráveis, está ligada à capacidade de fixar N.

3.5.3. Característica do ecossistema florestal

Dentro de características ambientais idênticas ou similares, a natureza dos ecossistemas florestais e as práticas a eles aplicadas podem constituir fontes de variação das taxas de deposição de material orgânico.

3.5.3.1. Plantações florestais versus florestas naturais

Embora em pequeno número, comparações realizadas têm demonstrado que, em uma mesma região, plantações florestais podem apresentar taxas de deposição de material orgânico menores, iguais ou maiores que as das florestas naturais.

Referindo-se a *Chamaecyparis obtusa* e *Pinus densiflora*, OHMASA e MORI (1937), citados em BRAY e GORHAM (1964), verificaram que as plantações destas espécies apresentaram taxas de deposição de material orgânico superiores às de populações naturais.

Em dois locais da Costa do Marfim, BERNHARD-REVERSAT (1975) comparou as taxas de deposição de material orgânico da floresta nativa e de plantações de *Terminalia ivorensis*, as quais possuíam idades de 22 a 38 anos. Verificou que em ambos os locais a deposição anual da plantação correspondeu a cerca de 90% da deposição apresentada pela floresta.

Na Índia, em região temperada úmida montana, SAMRAJ *et alii* (1977) determinaram as taxas de deposição foliar da floresta nativa e de parcelas experimentais de *Eucalyptus*

globulus e *Acacia mearnsii*, espécies indicadas para plantações na região. Obtiveram as médias anuais de 2,9, 2,3 e 1,3 ton/ha para a floresta nativa, o eucalipto e a acácia, respectivamente.

As comparações apresentadas baseiam-se em amostragens efetuadas com bandejas. A inclusão de parcelas apropriadas à mensuração de outras frações, como ramos grossos e caules, é considerada essencial para estimar a deposição total real.

3.5.3.2. Relações com a lotação e com a área basal

Segundo BRAY e GORHAM (1964), em povoamentos puros as taxas de deposição de material orgânico têm mostrado maior relação com a área basal de que com o número de árvores por hectares. Na Noruega, BONNEVIE-SVENDSEN e GJEMS (1957), citados pelos autores, constataram que a deposição de folhas foi de 70-75 kg por m² de área basal, em povoamentos de coníferas e folhosas cujos valores situavam-se entre 8 e 40m²/ha,

Citando diversos exemplos, BRAY e GHORAM (1964) afirmam que quando um povoamento fechado é desbastado há um decréscimo na deposição de material orgânico aproximadamente proporcional ao grau de desbaste. REUKEMA (1964) e MILLER *et alii* (1976b) apresentaram dados acordantes a esta constatação, referentes a povoamentos de *Pseudotsuga menziesii*.

Como exemplificado por SVIRIDOVA (1960), há circunstâncias em que a aplicação de um desbaste acarreta a elevação da capacidade produtiva local e, como consequência, da taxa de deposição de material orgânico.

3.5.3.3. A adição e a retirada de nutrientes

É amplamente conhecido que a aplicação de ferti

lizantes pode aumentar a produtividade de ecossistemas florestais. Como demonstrado por HEILMAN (1961), MAKI (1961), DENEV (1976), GESSEL e TURNER (1976) e MILLER *et alii* (1976b), a adição de fertilizantes pode também levar a acréscimo da quantidade de material orgânico depositado.

Segundo BRAY e GORHAM (1964) a retirada da camada de material orgânico do piso de florestas tem levado a decréscimo de produtividade, atribuídos principalmente à exportação de N. Obviamente, a redução da deposição de material orgânico é uma consequência provável desta prática.

3.5.4. O fator tempo

O tempo pode ser associado a 3 tipos distintos de variação da deposição de material orgânico de um ecossistema florestal: a) variação estacional; b) variação entre anos, em um mesmo estágio seral; e c) variação entre estágios serais.

3.5.4.1. Variação estacional da deposição de material orgânico

A variação estacional da deposição de material orgânico é produto da interação entre a vegetação e o clima. Em geral, as folhas são o componente determinante das alterações sazonais da deposição de material orgânico. Devido às metodologias utilizadas nos trabalhos científicos, o comportamento de outros componentes não tem sido verificado com a precisão desejada.

BRAY e GORHAM (1964) apresentaram padrões de variação estacional referentes a florestas situadas em diversas regiões do mundo. Outros exemplos para condições não tropicais foram fornecidos por TADAKI e KAGAWA (1968), CURLIN (1970), SYKES e BUNCE (1970), ZAVITKOVISKI e NEWTON (1971), GOSZ *et alii*

(1972), LANG (1974) e SAMRAJ *et alii* (1977).

Em condições tropicais é comum, no decorrer de cada ano, a intensificação da deposição de material orgânico na estação de menor precipitação, devido ao aumento do componente foliar. Resultados demonstrativos foram apresentados por MADGE (1965), KLINGE e RODRIGUES (1968a), ARAUJO (1970), FOURNIER e CAMACHO de CASTRO (1973), EGUNJOBÍ (1974) e GOLLEY *et alii* (1975).

Já no século passado WARMING (1973, p. 220-231) registrara haver um ápice de deposição na estação seca, tanto nos cerrados propriamente ditos como nas matas ali existentes. RIZZO *et alii* (1971) apresentaram informações comprovatórias desta variação estacional em investigação realizada próxima a Goiânia, GO. Na África, HOPKINS (1966) e MALAISSE *et alii* (1975) verificaram idêntica tendência, em condições climáticas similares às dos cerrados brasileiros.

As informações sobre plantações florestais brasileiras são poucas. Em povoamento experimental de *Eucalyptus saligna* de 6 anos, em Piracicaba, SP, POGGIANI (comunicação pessoal) verificou maior deposição de folhas no período chuvoso, em contraste com o comportamento de vegetação nativa regional. Em plantação de *Pinus oocarpa* em área de cerrado em Agudos, SP, POGGIANI (1978) constatou que dois terços das acículas caíram nos 6 meses mais secos e que em setembro e outubro, apontados como período final de seca e o início das primeiras chuvas, a queda das acículas foi mais acentuada.

SPECHT e BROUWER (1975) reuniram informações sobre a variação estacional da deposição foliar em povoamentos australianos. Observa-se a tendência de as espécies do leste da Austrália - inclusive *E. pilularis* e *E. maculata* - apresentarem deposição mais intensa nos meses de primavera e verão.

A variação estacional de outros componentes do

material orgânico decíduo não é tão bem conhecida como o é para as folhas. Mc COLL (1966) e ASHTON (1975) apresentaram características da variação estacional de frações não foliares em florestas de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus regnans*, respectivamente. KLINGE e RODRIGUES (1968a), TADAKI e KAGAWA (1968), GOSZ *et alii* (1972) e CHRISTENSEN (1975) forneceram informações a respeito da variação estacional de frações lenhosas e outras, em ecossistemas florestais distintos.

A ocorrência de fenômenos meteorológicos expressivos pode acarretar consequências sobre distribuição sazonal da queda de material orgânico. BRAY e GORHAM (1964) indicaram vários exemplos em que tempestades ocasionaram deposições intensas de gravetos e ramos. Em povoamento de *Eucalyptus saligna* situado em Piracicaba, SP, POGGIANI (comunicação pessoal) constatou intensa queda de folhas como consequência da geada severa ocorrida no inverno de 1975.

3.5.4.2. Variação anual da deposição de material orgânico

Em um mesmo ecossistema florestal pode ocorrer, de ano a ano, variações no total do material depositado e ou na intensidade de participação das frações. As variações são de correntes de aspectos cíclicos da comunidade ou motivadas por fatores de ordem climática ou biológica. Devido a estas possibilidades, MEDWECKA-KORNAS (1971) considera adequado que o período de observações sobre a queda de material orgânico de um ecossistema florestal qualquer não seja inferior a 3 anos.

3.5.4.2.1. Fatores cíclicos da comunidade

Ao cabo de 4 anos de observações em floresta de *Quercus ilex*, na Itália, POLI *et alii* (1974) verificaram a exis

tência de um ritmo bi-anual na queda de material orgânico.

3.5.4.2.2. Fatores climáticos e biológicos

REUKEMA (1964) verificou, em 13 anos de observações em uma plantação de *Pseudotsuga menziesii*, que a proporção entre as quantidades anuais máxima e mínima de material orgânico depositado foi de 3:1, e decorrente de condições climáticas.

Em 9 anos de observações em povoamentos de *Alnus rubra*, GESSEL e TURNER (1974) constataram a razão 2:1 entre as quantidades anuais máxima e mínima de deposição de material orgânico. A menor quantidade anual foi em 1956; em 1955 ocorreu um inverno extremamente severo que afetou a produção de folhas na estação de crescimento seguinte.

Em savana do Zaire, MALAISSE *et alii* (1975) verificaram, em 5 anos de investigações, que a relação entre as quantidades anuais máxima e mínima de deposição do componente "frutos" foi superior a 12:1. Segundo os autores, a produtividade máxima, equivalente a 12 vezes a média dos 4 anos anteriores, foi motivada por condições climáticas favoráveis. BRAY e GORHAM (1964) e ASHTON (1975) também apontaram a ocorrência de anos de frutificação intensa, em outros ecossistemas florestais.

Fatores não climáticos podem também ocasionar variações anuais marcantes. MORK (1942), citado por BRAY e GORHAM (1964), relata que um ataque de insetos resultou em variação na deposição de material orgânico por *Picea abies*.

3.5.4.3. A influência do estágio seral

O pequeno número de pesquisas sobre o assunto e a falta de dados precisos sobre os componentes não foliares pre

judicam o conhecimento da variação das taxas de deposição do material orgânico entre estágios serais distintos. A análise de informações contidas em NYE (1961), BRAY e GORHAM (1964), Mc COLL (1966), HURD (1971), ZAVITKOVSKI e NEWTON (1971), ASHTON (1975), EWELL (1976) e DUVIGNEAUD (1977, p. 103), permite supor que:

- a) a fração foliar é a que mais rapidamente torna-se estável; e
- b) a deposição total real de material orgânico (incluindo partes lenhosas de todas as dimensões) tende a aumentar com a sucessão vegetal, devido em grande parte à variação correspondente do material lenhoso.

Segundo BRAY e GORHAM (1964), parece não haver tendência inerente ao aumento da taxa de deposição de material orgânico com a idade do ecossistema florestal, desde que as copas estejam unidas e não haja alterações anormais das condições ambientais. Entretanto, os trabalhos consultados pelos autores adotaram a amostragem por bandejas e são deficientes quanto à amostragem de casca e material lenhoso. Deste modo, a afirmação deve ser entendida como referindo-se principalmente ao componente foliar - o de maior importância em peso, nas bandejas - pelo que aproxima-se da generalização exposta no item (a) do parágrafo anterior.

3.5.5. Taxas de deposição de material orgânico em ecossistemas florestais

BRAY e GORHAM (1964) reuniram informações de todo o mundo sobre valores anuais de queda de material orgânico em ecossistemas florestais.

Resultados referentes a ecossistemas florestais em condições tropicais foram obtidos por NYE (1961), DOMMERGUES

(1963), SETH *et alii* (1963), MADGE (1965), KLINGE e RODRIGUES (1968a), CORNFORTH (1970), EGUNJOBI (1974), GOLLEY *et alii* (1975), EWEL (1975), BERNHARD-REVERSAT (1976) e EDWARDS (1977).

HOPKINS (1966) obteve dados sobre floresta e savana, próximas entre si, na Nigéria. MALAISSE *et alii* (1975) investigaram a deposição de material orgânico em savana do Zaire.

AUSTRÁLIA (1966), Mc COLL (1966), WEBB *et alii* (1969), ASHTON (1975) e SPECHT e BROUWER (1975) apresentaram dados sobre eucaliptos em florestas australianas. COZZO (1971), POGGIANI (1976) e SAMRAJ *et alii* (1977) determinaram taxas de deposição de material orgânico em plantações de eucaliptos, em locais distintos.

No Brasil, os conhecimentos sobre o assunto são escassos. ANDRADE (1940) e ANDRADE (1961, p. 387) fizeram menções pouco detalhadas sobre a deposição de material orgânico em eucaliptais. KLINGE e RODRIGUES (1968a) obtiveram dados sobre floresta próxima a Manaus. POGGIANI (1976) e POGGIANI (1978) apresentaram informações sobre plantações de *Eucalyptus saligna* e *Pinus oocarpa*, respectivamente, no Estado de São Paulo. RIZZO *et alii* (1971) investigaram cerrado e mata próximos entre si, nas cercanias de Goiânia, GO. HOMEM (1959) e BARROS e BRANDI (1975) destacaram a importância da deposição de material orgânico de plantações florestais sobre características de solos de gradados, todavia sem fornecer taxas de deposição anual.

Informações sobre taxas de deposição de material orgânico em outros ecossistemas florestais, situados em clima não tropical, foram fornecidos por DUVIGNEAUD e DENAYER-DE SMET (1970), SYKES e BUNCE (1970), AKAI e FURONO (1971), COZZO (1971), HURD (1971), COZZO (1972), ZAVITKOVSKI e NEWTON (1972), GOSZ *et alii* (1972), COZZO (1974), FOSTER (1974), GESSEL e TURNER (1974), LAMB e FLORENCE (1974), LANG (1974), POLI *et alii* (1974), PHILLIPSON *et alii* (1975), GESSEL e TURNER (1976), MILLER *et alii*

(1976b) e TURNER *et alii* (1976).

3.6. Fatores que afetam a concentração de nutrientes do material orgânico decíduo

Considerando a deposição de material orgânico em seu ciclo anual, dois fatores são usualmente apontados como responsáveis por seus teores de nutrientes: as características de fertilidade química dos solos e as particularidades de nutrição mineral das espécies envolvidas. Pode-se pressupor, adicionalmente, a influência do regime de chuvas, devido às quantidades expressivas de nutrientes passíveis de serem arrastados pela precipitação.

3.6.1. A fertilidade dos solos

Dentro de certos limites, as concentrações de nutrientes em tecidos vegetais vivos estão relacionadas de modo direto aos teores de nutrientes do solo. Estas relações tem grande aplicação prática no campo florestal, através da utilização da análise de tecidos como método diagnosticador do estado nutricional das plantas.

Igualmente dentro de certos limites, as concentrações de nutrientes em estruturas decíduas de uma espécie ou comunidade podem ser relacionadas de modo direto às características de fertilidade dos solos.

⇒ Em floresta tropical próxima a Manaus, KLINGE e RODRIGUES (1968b) verificaram que os níveis de P, K, Ca e Mg no material caído foram extremamente baixos, quando comparados com outras formações tropicais. O fato foi considerado como possível consequência de baixas concentrações no solo.

Em povoamentos de *Pinus radiata* de 30-40 anos,

LAMB e FLORENCE (1975) constataram, em determinadas épocas do ano, variações significativas nos teores de N e P de acículas decíduas. Os povoamentos com níveis inferiores de N e P apresentavam elevadas porcentagens destes elementos imobilizados no piso florestal, devido a taxas inferiores na decomposição da serapilheira.

Resultados obtidos por HEILMAN (1961), MAKI (1961), DENEV (1975) e MILLER *et alii* (1976a) atestaram a influência da aplicação de fertilizantes sobre a concentração de nutrientes do material orgânico decíduo.

A análise de informações fornecidas por OVINGTON (1968), SPURR e BURTON (1973, p. 173) e HAAG *et alii* (1976) permite supor que as variações de fertilidade do solo agem de modo mais intenso sobre as taxas de produção de biomassa e as taxas de transferência do ciclo biológico de nutrientes de uma dada comunidade florestal do que sobre as concentrações de nutrientes de tecidos de suas árvores.

3.6.2. Espécies

Árvores de espécies diferentes pertencentes a um mesmo ecossistema ou a ecossistemas de condições edáficas semelhantes podem apresentar diferenças marcantes quanto a concentração de nutrientes em suas estruturas verdes ou decíduas. Exemplos referentes ao material orgânico decíduo podem ser constatados em COILE (1937), SETH *et alii* (1963), GRUNERT (1966), GOSZ *et alii* (1972), TAPPEINER e ALM (1972), ASHTON (1975) e BERNHARD-REVERSAT (1976).

3.7. Taxas de restituição de nutrientes pela deposição de material orgânico

As quantidades de nutrientes no ciclo anual da

deposição de material orgânico são decorrentes da interação dos fatores abordados nos itens 3.5 e 3.6.

DOMMARGUES (1963), KLINGE e RODRIGUES (1968) e GOLLEY *et alii* (1975, p. 76) apresentaram resultados comparativos sobre florestas tropicais e não tropicais. SETH *et alii* (1963), CORNFORTH (1970), BERNHARD-REVERSAT (1976) e EWELL (1976) expuseram valores sobre outros ecossistemas tropicais.

ATTIWILL (1968), WEBB *et alii* (1969) e ASHTON (1975) mostraram dados sobre ecossistemas naturais de eucaliptos.

Os conhecimentos sobre formações brasileiras são escassos, destacando-se o trabalho de KLINGE e RODRIGUES (1968b) em floresta próxima a Manaus. Quanto a plantações florestais, POGGIANI (1976) e POGGIANI (1978) apresentaram valores de deposição anual por folhas em povoamentos de *Eucalyptus saligna* e *Pinus oocarpa*, respectivamente, no Estado de São Paulo.

Resultados referentes a outras florestas, de clima temperado, foram fornecidos por OVINGTON (1962, 1968), DUVIGNEAUD e DENAEYER-DE SMET (1970), GOSZ *et alii* (1972), FOSTER (1974), PATRICK e SMITH (1975), FLORENCE e LAMB (1975), GESSEL e TURNER (1976), MILLER *et alii* (1976b) e TURNER *et alii* (1976).

3.8. Aspectos da amostragem da deposição de material orgânico

3.8.1. Sobre o local de amostragem

MEDWECKA-KORNAS (1971) recomenda que o local de amostragem deve ser tão uniforme quanto possível, e representativo de uma associação vegetal ou de uma unidade inferior, isto é, uma sub-associação ou *facies*. O autor pondera ser razoável restringir a dimensão da área em investigação para 1 ha de 100x100m; quando for necessário medir a deposição de material orgânico

nico em área maior ou mais heterogênea, indica haver necessidade de dividí-la em partes menores, as quais devem ser consideradas separadamente.

3.8.2. Sobre a adequação da amostragem

Em artigo que trata especificamente de aspectos da metodologia para mensuração da deposição de material orgânico, MEDWECKA-KORNAS (1971), seguindo proposição de OVINGTON e NEWBOLD (s.d.), julga que a amostragem deve ser suficiente para levar o desvio padrão da média a um valor abaixo de 5% da média. Em sua investigação LANG (1974) também considerou este nível de precisão como satisfatório.

Depreende-se de WILL (1959), KLINGE e RODRIGUES (1968a) e GOSZ *et alii* (1972) que é considerada satisfatória a amostragem cujo desvio padrão da média é inferior a 10% da média.

Como constataram KLINGE e RODRIGUES (1968a) podem ocorrer, para cada fração do material orgânico decíduo, alterações nas características de deposição em função da época do ano. Isto implica em que a amostragem deve ser suficiente para cobrir as variações estacionais.

3.8.3. Número e modo de disposição das parcelas de amostragem

Segundo MEDWECKA-KORNAS (1971) o número de parcelas deve ser relacionado à intensidade de amostragem, sendo conveniente um mínimo de 25-30 parcelas por hectare, devido a razões estatísticas. O autor indica que as parcelas podem ser dispostas sistematicamente ou ao acaso; entretanto, considera a disposição pelo método de "Golden Points", apresentado por

ZUBRZYCKA (1960), como o mais apropriado. Por este método os pontos são locados no campo com o auxílio de tabelas especiais. A vantagem atribuída ao método é que ele proporciona disposição das parcelas mais uniforme que a aleatorização, permitindo ainda a seleção de pontos adicionais na área experimental.

3.8.4. Forma e tamanho das parcelas

Tradicionalmente, a mensuração da deposição de material orgânico é efetuada tendo bandejas de captação como parcelas; a área útil de cada bandeja situa-se, normalmente, entre 0,1 e 2m². Todavia, como verificado por KLINGE e RODRIGUES (1968a) e LANG (1974), frações distintas do material decíduo apresentam intensidades de variação distintas, quando amostradas por um único tipo de parcela. Esta constatação tem levado, paulatinamente, à instalação de parcelas particulares para cada fração ou grupo de frações.

3.8.4.1. Folhas

As folhas constituem a fração do material decíduo mais estudada quanto a amostragem.

3.8.4.1.1. Forma

Forma refere-se, neste trabalho, à configuração da área de recepção do material decíduo apresentada pela parcela.

MEDEWCKA-KORNAS (1971) considera as parcelas de forma circular são preferíveis para qualquer fração, por reduzirem o efeito de borda.

Baseando-se em experimentos realizados em populações de coníferas e folhosas, SAITO e SHIDEI (1972) declara

ram não haver diferença, quanto a fração foliar, entre bandejas circulares, quadradas ou triangulares, de mesma área de captação. Os autores concluíram que são contra-indicadas bandejas retangulares cujo perímetro seja superior a 1,4 vezes o perímetro de bandeja circular da mesma área.

Na prática as parcelas de forma quadradas são as mais empregadas. Considerando 22 trabalhos consultados que relatam detalhadamente a metodologia, verifica-se que em 17 foram utilizadas bandejas quadradas e em 1 a forma circular; nos outros 4 trabalhos não há indicação da forma de parcela.

3.8.4.1.2. Tamanho

Baseando-se em investigações comparativas realizadas na Polônia, MEDEWCKA-KORNAS (1971) considera que parcelas de $0,100-0,125\text{m}^2$ parecem adequadas para zonas temperadas.

Em florestas de folhosas no leste dos Estados Unidos, GOSZ *et alii* (1972) e LANG (1974) desenvolveram amostragens que consideraram adequadas utilizando, respectivamente, parcelas de $0,224$ e $0,67\text{m}^2$. Os tamanhos de parcelas utilizados por HURD (1971), FOSTER (1974) e GESSEL e TURNER (1976) situam-se entre $0,18$ e $0,25\text{m}^2$.

POGGIANI (comunicação pessoal) e POGGIANI (1978) empregou bandejas de 1m^2 para a mensuração de queda de folhas em plantações de *Eucalyptus saligna* e de *Pinus oocarpa*, respectivamente.

Trabalhos recentes em zonas tropicais, como os de CORNFORTH (1970), GOLLEY *et alii* (1975), BERNHARD-REVERSAT (1976) e EDWARDS (1977), foram efetuados a partir de bandejas quadradas de área igual ou superior a 1m^2 . Entretanto, estudos comparativos entre tamanhos de parcelas não são conhecidos.

3.8.4.2. Frações lenhosas

A inclusão de amostragem em separado para frações lenhosas é recente, não sendo conhecidas investigações comparativas a respeito de formas e dimensões de parcelas.

GOSZ *et alii* (1972) instalaram parcelas quadradas de 4m^2 , no piso da floresta, para coleta de ramos de diâmetro inferior a 10cm. Para mensuração de ramos mais grossos e de caules acima de 4cm de diâmetro a intensidade de amostragem foi de 100% da área.

Em investigação realizada em savana do Zaire, MALAISSE *et alii* (1975) adotaram quadrados de 100m^2 para a mensuração de ramos.

FURONO e YAMADA (1975) e GOLLEY *et alii* (1975) utilizaram quadrados de 4m^2 para a verificação de queda de ramos.

3.8.4.3. Cascas

Na literatura consultada não há informações sobre parcelas específicas para amostragem de cascas decíduas. Sem dúvida esta omissão terá levado a frequentes subestimativas da fração, devido ao fato de ela apresentar características próprias de deposição. Como exemplo, Mc COLL (1976) e ASHTON (1975) observaram, em florestas de eucaliptos, que cascas decíduas localizam-se nas proximidades imediatas das bases dos caules, e não de modo uniforme sobre o terreno.

3.8.4.4. Outras frações do material orgânico decíduo

Na literatura consultada não há referências so

bre amostras específicas para as frações do material orgânico decíduo consideradas de menor importância quantitativa.

3.8.5. Frequência das coletas

Segundo MEDWECKA-KORNAS (1971) as coletas de vem ser mais frequentes quanto mais favoráveis à decomposição forem as condições ambientais. O autor recomenda que em florestas temperadas a remoção deveria ser efetuada a períodos ideal de uma semana e máximo de 1 mês.

Em floresta tropical úmida próxima a Manaus, STARK (1971) verificou a influência de decomposição sobre o peso do material orgânico depositado nas bandejas a partir de 5-7 dias após a deposição.

Consultando 23 trabalhos que mencionam os intervalos de coleta, verifica-se que somente 4 efetuaram coletas com períodos inferiores a 1 mês e que 13 investigações foram efetuadas a partir de coletas mensais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização das áreas experimentais

4.1.1. Localização, clima regional e topografia

A investigação foi realizada no município de Lençóis Paulista, SP, na Fazenda Rio Claro, de propriedade da Duraflora Silvicultura e Comércio Ltda.

Na Fazenda, de 12 mil hectares, as cotas altitudinais situam-se mais freqüentemente em torno de 670m, e amplitude é de 600-750m. As coordenadas geográficas do ponto central da propriedade são 22° 48' S e 48° 55' W, aproximadamente. A vegetação primitiva dominante na região é o cerrado.

O tipo climático regional pelo sistema de Koeppen é o Cwa. É um clima mesotérmico de inverno seco, em que a temperatura média do mês mais quente ultrapassa 22°C e a do mês mais frio é inferior a 18°C, sendo as chuvas do mês mais seco inferiores a 30 mm.

Segundo SETZER (1966) a precipitação anual média de Lençóis Paulista é próxima de 1200mm, predominando no semestre mais quente; os meses mais chuvosos são dezembro, janeiro e fevereiro. A temperatura média anual é de 20,5°C, aproximadamente; a média do mês mais quente (janeiro) é da ordem

de 24°C, e a do mês mais frio (julho) de 17°C. A ocorrência de geada é de 2 dias por ano, em média. Informações de GOLFA RI (1967) permitem estimar um déficit hídrico de 20mm, quando se calcula o balanço hídrico segundo Thornthwaite.

A Figura 1 expõe os totais mensais de precipitação no período abrangido pelas operações de campo desta investigação. Os dados originais foram coletados em posto meteorológico situado na sede da Fazenda, a 10 Km das vegetações estudadas.

As observações foram realizadas em duas áreas contíguas: uma mata parcialmente explorada, denominada Matão, e uma plantação de eucaliptos, a qual constitui a Quadra 34 da Fazenda Rio Claro. A Figura 2 mostra a situação das duas vegetações; as Trilhas 1, 2, 3, 4 e 5 foram utilizadas para penetrações e observações ecológicas por CARPANEZZI (1975).

A Figura 3 informa sobre a declividade local. Nas Quadras 34 e 36 e em seus contactos com a mata a declividade é inferior a 3% em qualquer sentido, e somente acentua-se no interior da mata, nas proximidades imediatas dos cursos d'água. O Rio Claro corre sobre leito de basalto e tem 10-20m de largura; a Água do Matão, riacho afluente do Rio Claro, tem ordinariamente 2-3m de largura.

4.1.2. Solos

O eucaliptal situa-se sobre um Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa. A Tabela 1 expõe os resultados de amostras compostas retiradas na área das medições, situada na Quadra 34, a 200-300m da mata. As amostras foram coletadas em 1978.

Na parte inicial da mata, à margem do antigo cerrado, o solo é também um Latossolo Vermelho Amarelo fase arenosa. A Tabela 2 mostra os dados analíticos de uma trincheira situada na Trilha 3, a poucos metros no interior da mata.

Nas regiões centrais da mata o solo foi classificado como Latossolo Vermelho Escuro textura mediana. A Tabela 3 fornece as características de uma trincheira aberta a 210m do antigo cerrado, na Trilha 3.

Através da análise de amostras de solo ao longo das Trilhas, CARPANEZZI (1975) verificou a ocorrência de um gradiente edáfico no corpo da mata, no sentido cerrado-curso de água. A Figura 4 fornece um exemplo para alguns componentes de análise de solos. Por seu exame torna-se evidente as condições de maior fertilidade das partes internas da mata.

4.1.3. O Matão

Como indicado na Figura 2 o Matão é formado, atualmente, por duas partes principais, que correspondem a estágios sucessórios distintos. A primeira é um capoeirão de cerca de 60 anos, originado do abandono de áreas agrícolas em terreno desmatado. A outra, a mata propriamente dita, ocupa aproximadamente 150 ha e foi parcialmente explorada pelo sistema de extração seletiva. Somente locais mais preservados das partes centrais da mata foram incluídos nesta investigação.

A Figura 2 mostra que a mata, com uma largura variável de 400-800m, é limitada pelos cursos de água e pelo eucaliptal; o eucaliptal substituiu a vegetação primitiva, um cerrado aberto. Fisionomicamente, a mudança de vegetação cerrado-mata ocorria de maneira abrupta. Entretanto, características de cerrado podem ser detectadas pela composição em espécies da faixa externa da mata, em pontos onde os sinais de queima são mais evidentes.

A faixa externa da mata limítrofe ao antigo cerrado tem cerca de 60-150m de extensão e diferencia-se das partes internas da mata pelo porte e pela composição em espécies. Em locais preservados de fogo e de derrubadas, sua fisionomia é semelhante à das partes internas, porém com porte inferior.

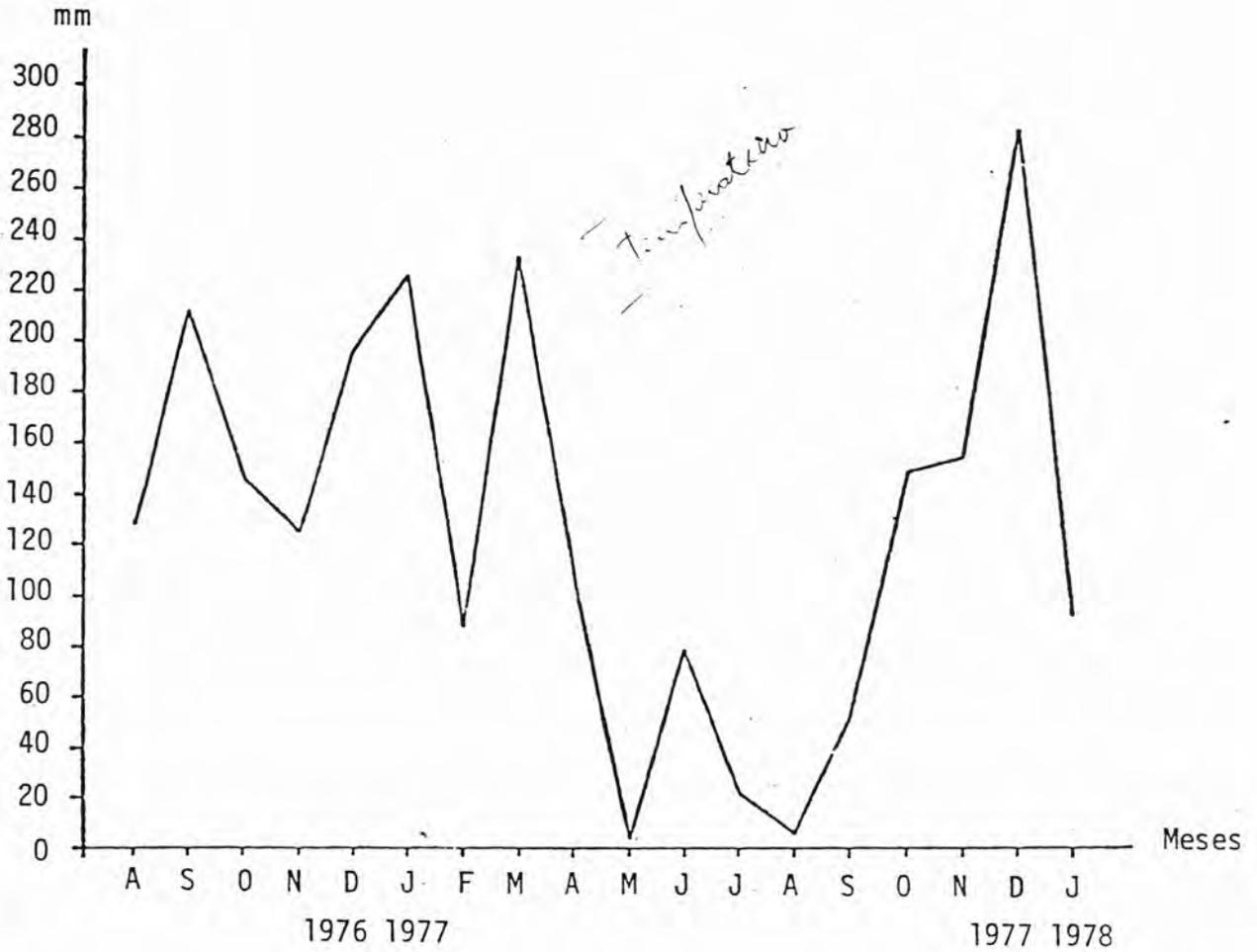


Fig. 1. Precipitações mensais na sede da fazenda Rio Claro, no período das coletas

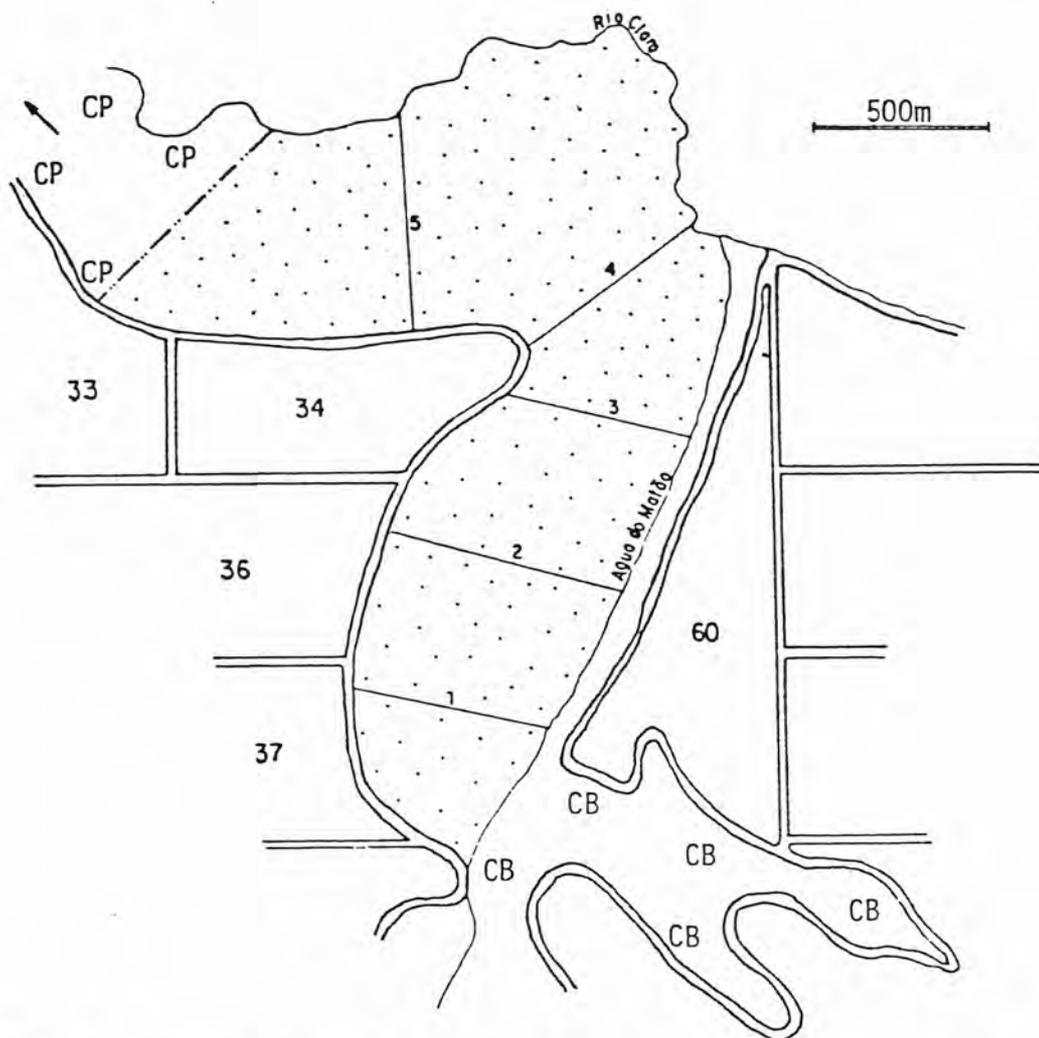


Fig. 2. Mapa de situação da mata e do eucaliptal

CB Capoeiras e banhados

CP Capoeirão

⋯ Mata parcialmente explorada

== Estradas

1,2,3,4 e 5 - Trilhas de penetração e observação

33,34,36,37 e 60 - Quadras de plantação de eucaliptos

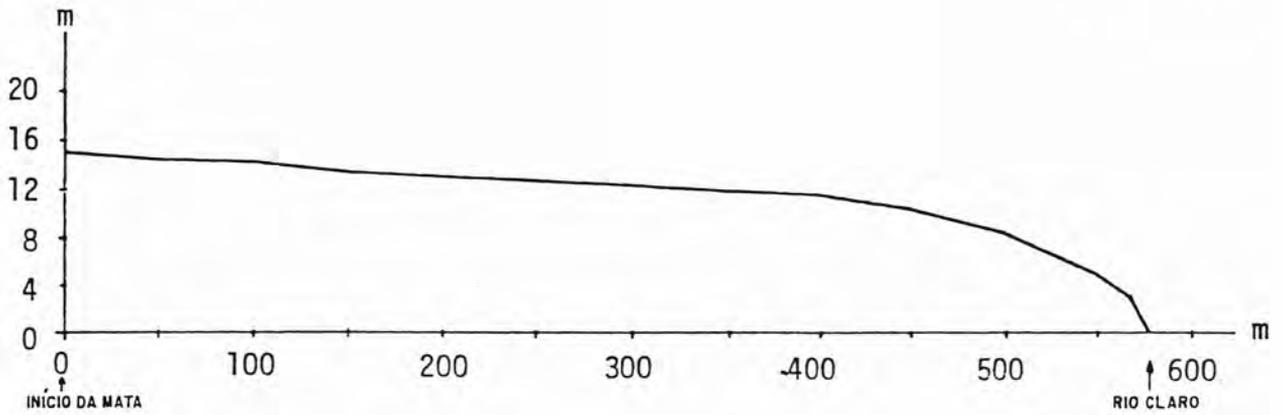


Fig. 3. Declividade da Trilha 5 em relação ao Rio Claro

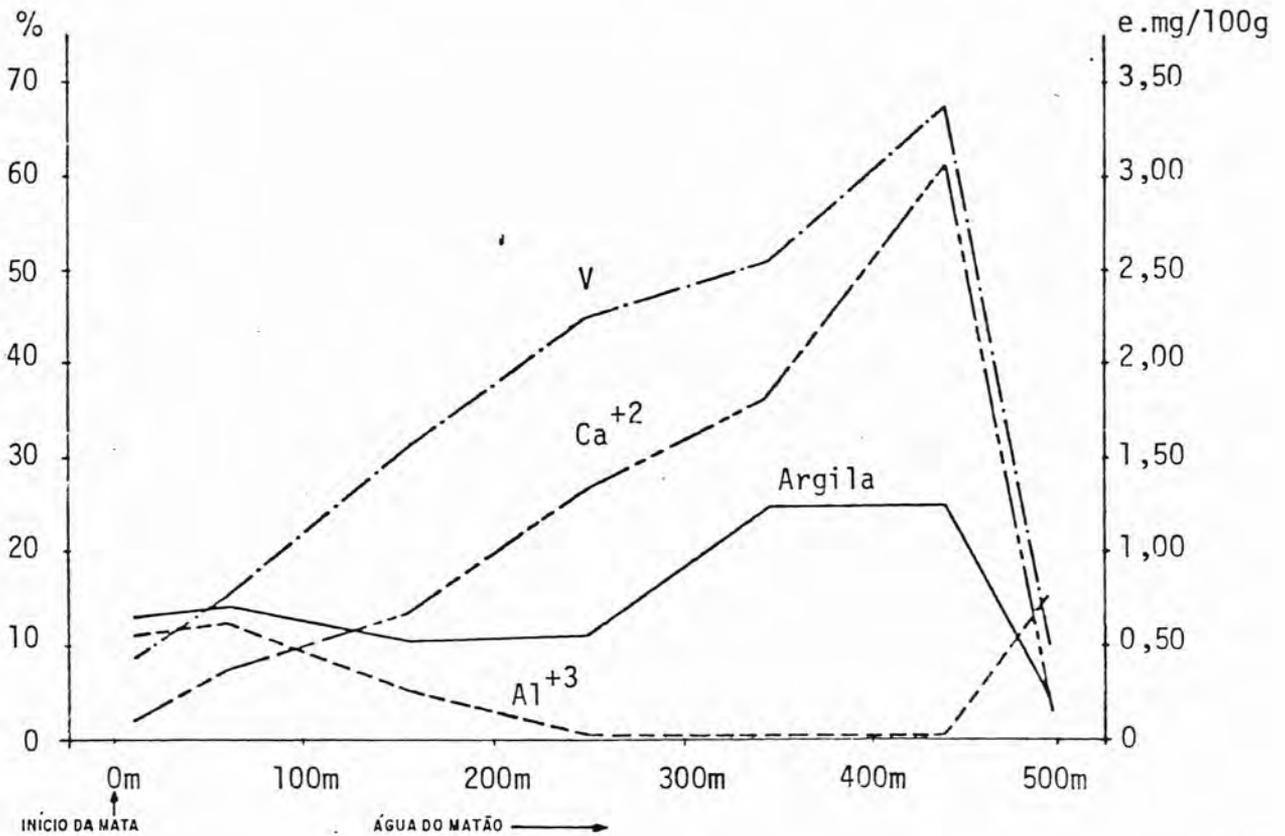


Fig. 4. Variação de características edáficas ao longo da Trilha 1, à profundidade de 30cm (V e argila em %, Ca^{+2} e Al^{+3} em e.mg/100g)

Tabela 1. Dados de análise de solo de amostras compostas tomadas no eucaliptal

Profundidade (cm)	Análise Mecânica (%)			Ions trocáveis (e. mg/100g)						pH (água 1:1)
	Areia	Limo	Argila	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	PO ₄ ⁼	H ⁺	Al ⁺⁺⁺	
20	80,7	6,2	13,1	0,20	0,10	0,05	0,02	3,20	0,96	5,1
40	82,5	4,0	13,5	0,16	0,08	0,08	0,02	2,88	0,88	5,2
80	81,2	2,8	16,0	0,16	0,08	0,03	0,01	2,72	0,88	5,3
120	80,1	2,6	17,3	0,16	0,08	0,02	0,01	2,40	0,80	5,3
180	77,7	3,4	18,9	0,16	0,08	0,02	0,01	2,24	0,64	5,5

Tabela 2. Dados de análise de solo de uma trincheira aberta na Trilha 3, a 4m do antigo cerrado

Profundidade (cm)	Análise Mecânica (%)			C.T.C. † (e.mg/100g)	Ions trocáveis (e.mg/100g)						pH (água 1:1)	V%
	Areia	Limo	Argila		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	PO ₄ ⁼	H ⁺	Al ⁺⁺⁺		
0-15	80,9	4,0	15,1	5,71	0,21	0,08	0,14	0,01	0,49	0,96	4,2	8,6
16-35	79,3	4,3	16,4	3,57	0,13	-	0,03	-	0,34	0,78	4,2	4,5
36-80	77,9	4,9	17,2	2,93	0,16	-	0,01	-	0,52	0,67	4,3	6,5
81-120	74,4	5,0	20,6	2,78	0,14	-	0,01	-	0,52	0,62	4,4	5,7

Tabela 3. Dados de análise de solo de uma trincheira aberta na Trilha 3, a 210m do antigo cerrado

Profundidade (cm)	Análise Mecânica (%)			C.T.C. † (e.mg/100g)	Ions trocáveis (e.mg/100g)						pH (água 1:1)	V%
	Areia	Limo	Argila		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	PO ₄ ⁼	H ⁺	Al ⁺⁺⁺		
0-30	76,8	10,4	12,8	5,10	0,83	0,45	0,09	0,01	0,25	0,37	4,4	27,4
31-50	67,6	7,2	25,2	4,72	1,07	0,77	0,05	0,01	0,32	0,22	4,7	41,7
51-100	63,3	6,3	30,4	5,39	0,96	1,04	0,02	0,01	0,33	0,26	4,8	38,6
100-130	59,6	8,0	32,4	4,39	0,24	0,38	0,05	0,01	0,65	1,01	4,6	15,7

* f-l t

Espécies típicas destes locais da faixa externa são copaíba (*Copaifera langsdorffii*), maçaranduba (*Persea cordata*), canelão fétido (*Nectandra* sp), ipê tabaco (*Zeyhera tuberculata*), ipê roxo (*Tabebuia* sp), jacarandá paulista (*Machaerium villosum*) e amendoim do cerrado (*Platipodium elegans*). As espécies das partes mais internas da mata são outras, indicadas adiante. Poucas espécies - como peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron*), canjarana (*Cabralea* sp) e jequitibá (*Cariniana estrellensis*) - são comuns a ambas as situações.

A presença de grupos de espécies próprias de cada parte da mata parece associada ao gradiente de condições edáficas, exemplificado na Figura 4. A disponibilidade de água no solo como possível fator regulador da distribuição das espécies merece ser ressaltada. Segundo RIZZINI (1979, p. 70-90), diversas espécies comuns na parte externa da mata são indicativas de menor disponibilidade de água. Realmente, o solo da parte externa apresenta, em relação ao centro da mata, menor teor de argila (Tabelas 2 e 3) e sua cota em relação ao curso d'água é maior, como pode ser deduzido da Figura 3.

Excluída a faixa de mata limítrofe ao cerrado, as características dos locais internos não atingidos pela extração seletiva conduzem às classificações de "mata subtropical do leste e sul do Brasil" proposta por HUECK (1972, p. 186), ou "floresta latifoliada tropical" segundo ROMARIZ (1974, p. 9). RIZZINI (1979, p. 73) classifica a vegetação como "floresta atlântica pluvial ripária".

Em linhas gerais, a mata não tocada apresenta-se como floresta latifoliada semicaducifolia, com altura do estrato dominante de 25-30m, e densidade moderada de lianas e epífitas. Eventualmente, árvores de cabreúva (*Myroxylum balsamum*) e peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron*) atingem alturas próximas a 35m. Os diâmetros à altura do peito (DAP) de peroba rosa, a espécie comercializável mais abundante, alcançam até 130cm.

CARPANEZZI (1975) efetuou levantamento sócio-ecológico de regiões preservadas do interior da mata, aplicando o método descrito por MEGURO (1973, p. 80-83). Foram utilizadas 18 parcelas de 300m^2 e medidos os diâmetros de todos os indivíduos acima de 4m de altura. Foram constatadas 79 espécies arbóreas conhecidas pelo mateiro por nomes vulgares. A área basal média foi de $69,5\text{ m}^2/\text{ha}$, com extremos de 41,0 e $105,4\text{ m}^2/\text{ha}$; a faixa de valores mais frequentes foi de 60-70 m^2/ha . A Tabela 4 apresenta os resultados concernentes às principais espécies identificadas botanicamente; inclui, também, espécies do estrato dominado conhecidas apenas por nomes vulgares.

A espécie de maior Índice de Importância na mata é carrapateiro branco, uma Rutaceae, provavelmente do gênero *Metrosideros*, a qual ocupa os estratos dominado e intermediário. É uma espécie de ampla distribuição na mata, com grande número de indivíduos, porém com diâmetros não elevados, raramente acima de 20cm.

A participação expressiva de peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron*), indicada na Tabela 4, encontra apoio em FACGHINI (1970), que afirmou que matas semelhantes permitiam a extração de até 400 m^3 por alqueire de toras desta espécie.

Espécies de madeiras apreciadas localmente, como cedro (*Cedrela* sp), cabreúva (*Myroxylum balsamum*), sobrasil amarelo (*Colubrina rufa*) e araribã (*Centrolobium* sp) encontram-se sem dúvida subestimadas, devido à extração seletiva de que foram alvo em épocas passadas.

Outras espécies arbóreas presentes nas partes centrais da mata, mas que não aparecem na Tabela 4, por serem naturalmente mais raras em áreas preservadas do Matão, são cabiúna (*Machaerium scleroxylon*), canafístula (*Peltophorum vogelianum*), amendoim do mato (*Cassia ferruginea*), taiúva (*Clorophora tinctoria*), tamboril (*Entorolobium contortisiliquum*), ja

Nitrodica

Tabela 4. Características das principais espécies das partes preservadas da mata ^{a/}

Nº de Ordem ^{b/}	Nome Vulgar	Classificação Botânica	F% ^{c/}	D% ^{d/}	Do% ^{e/}	I% ^{f/}
1	Carrapateiro branco	Rutaceae	4,80	17,53	9,49	31,82
2	Peroba rosa	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	4,00	2,90	23,71	30,61
3	Quebra-quebra da folha miúda ^{g/}	Não identificada	4,00	13,52	0,90	18,42
4	Sebastião branco ^{g/}	Não identificada	4,00	9,50	0,58	14,08
5	Guaiarua	<i>Securinea guaiarua</i>	2,13	3,76	7,31	13,20
6	Guatambu branco	<i>Aspidosperma ramiflorum</i>	4,00	4,29	4,26	12,55
7	Espécies desconhecidas	Não identificadas	4,53	4,68	2,06	11,27
8	Carrapateiro preto ^{g/}	Não identificada	3,73	5,87	0,81	10,41
9	Guaiuvira	<i>Patagonula americana</i>	1,87	0,99	6,83	9,69
11	Canela de cotia	Lauraceae	3,73	1,91	2,31	7,95
12	Sebastião vermelho ^{g/}	Não identificada	3,46	4,15	0,25	7,86
13	Cabriutinga	<i>Cyclobium vechii</i>	2,40	2,24	2,27	6,91
14	Pitangueira mansa	Myrtaceae	3,73	1,91	1,10	6,74
15	Guaritã	<i>Astronium</i> sp	2,40	0,73	3,49	6,62
16	Canela amarela	<i>Nectandra</i> sp	2,40	1,38	1,83	5,61
19	Jaboticabeira	<i>Myrciaria</i> sp	2,67	1,05	0,81	4,53
20	Cedro	<i>Cedrela</i> sp	0,80	0,26	3,46	4,52
21	Alecrim	<i>Holocalix glaziouii</i>	1,60	0,53	2,22	4,35
22	Pitangueira brava	Myrtaceae	2,40	0,92	0,36	3,68
23	Pau marfim	<i>Balforodendrum riedelianum</i>	1,33	0,46	1,82	3,61
24	Sobrasil ^{h/}	Rhamnaceae	1,06	0,46	1,89	3,41
27	Pai-eira	<i>Chorizia speciosa</i>	1,33	0,40	1,15	2,88
29	Cabreúva	<i>Myroxylon balsamum</i>	0,53	0,20	1,93	2,66
31	Jaquitibã	<i>Cariniana estrellensis</i>	0,26	0,07	2,24	2,57
34	Quebra-quebra da folha larga	<i>Rapanea</i> sp	1,06	0,79	0,40	2,25
38	Araribã	<i>Centrolobium</i> sp	1,06	0,26	0,65	1,97
39	Óleo pardo	<i>Myrocarpus frondosus</i>	0,53	0,13	1,21	1,87

a/ Segundo metodologia proposta por MEGURO (1973); dentre as espécies conhecidas somente por nome vulgar, estão incluídas apenas algumas do estrato dominado, devido ao alto valor de I

b/ Função de valores decrescentes de I de todas as espécies encontradas

c/ F = frequência relativa
$$F = \frac{\text{nº de parcelas em que a espécie ocorreu}}{\text{somatoria do nº de parcelas em que cada espécie ocorreu}} \times 100$$

d/ D = densidade relativa
$$D = \frac{\text{nº de indivíduos amostrados da espécie}}{\text{total de indivíduos amostrados}} \times 100$$

e/ Do = dominância relativa
$$Do = \frac{\text{área basal da espécie na amostragem}}{\text{área basal da amostragem total}} \times 100$$

f/ I = importância
$$I = F + D + Do$$

g/ Espécie do estrato dominado conhecida apenas por nome vulgar

h/ Compreende *Rhumidium glabrum* e *Colubrina rufa*, esta em maior proporção

racatiã (*Jaracatia dodecaphylla*) e pau jacaré (*Piptadenia co-*
munis).

4.1.4. O eucaliptal

A Quadra 34 da Fazenda Duraflora tem área de 23,95 ha. O espaçamento original desejado era de 3x2m. Foi plantada com *Eucalyptus saligna* Smith e replantada com *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, sendo utilizadas mudas provenientes de sementes coletadas em Mairinque, SP, e Coffs Harbour, Nova Gales do Sul, Austrália, respectivamente. O plantio foi efetuado em outubro de 1972 e o replantio, de 41,4%, 2 meses após.

A vegetação original era um cerrado aberto. Para o plantio foram efetuadas calagem com calcário dolomítico na razão de 2 ton/ha, e adubação, tendo sido aplicados 400 kg/ha de fertilizante contendo N, P e K na proporção 10:34:6, respectivamente.

Um censo populacional da Quadra 34, realizado em setembro de 1977, revelou uma porcentagem de falhas de 6,66% e uma porcentagem de árvores mortas de 0,37%, calculadas em relação ao número real de covas (1615 covas por hectare). Ao final de 1976, que corresponde ao início das medições da presente investigação, a altura média e a área basal eram, respectivamente, 16,1m e 18,0m²/ha. Prevvia-se que o incremento médio anual seria próximo a 50 st/ha na ocasião do corte, ao final de 1978.

4.2. Material

Para a amostragem da deposição de material orgânico foram empregadas bandejas quadradas, com área de recepção de 1m², construídas em madeira e tela plástica tipo mosquito. No campo as superfícies de recepção distavam cerca de 40 cm do solo.

4.3. Métodos

4.3.1. Distribuição das bandejas

Em uma área de 100 x 100m do eucaliptal da Quadra 34 foram distribuídas ao acaso 25 bandejas.

Na parte interna da mata as bandejas foram colocadas ao acaso em locais considerados representativos da vegetação não tocada, escolhidos a partir dos conhecimentos obtidos por CARPANEZZI (1975).

Foram escolhidos 7 locais e em cada local foram colocadas 7 bandejas, distribuídas por uma área de 3600m² (60x60m). O total máximo possível de cada coleta era, pois, de 49 bandejas. Em cada coleta, a reunião dos dados de deposição de material orgânico de todas as bandejas, sem distinção por local, foi considerada como representativa da mata.

4.3.2. Período e frequência das coletas

O período de coletas estendeu-se de otubro-novembro de 1976 a janeiro de 1978. Foram realizadas 16 coletas na mata e 15 no eucaliptal, a intervalos próximos de 30 dias.

4.3.3. Processamento do material coletado

Após transferido para sacos plásticos ou de papel Kraft com identificação da bandeja, o material de cada coleta era transportado a Piracicaba e submetido a uma série de operações.

4.3.3.1. Secagem preliminar

Quando necessário, o material recém-chegado era submetido a uma secagem preliminar para retirar o excesso de umidade.

4.3.3.2. Separação em frações

O material de cada bandeja era separado manual

mente em 3 frações: folhas (incluindo folíolos), ramos (correspondente a partes lenhosas arbóreas de todas as dimensões) e miscelânea (englobando todo o restante).

4.3.3.3. Secagem definitiva e pesagem

As frações de cada bandeja eram submetidas a secagem em estufa a 80-85°C até peso constante, e a seguir pesadas com precisão de 0,1g.

4.3.3.4. Amostragem e moagem para análise química

Após pesagem individual, o total de cada fração era reunido e homogeneizado, sendo retiradas 4 amostras para análise química. Estas amostras eram moídas em moinho tipo Willey, com malha de 20 mesh, e o material resultante levado para a análise química.

4.3.3.5. Análise química

As determinações de N e P foram efetuadas no Laboratório de Hidrologia e Ecologia do Curso de Engenharia Florestal da ESALQ; K, Ca e Mg foram determinados no Laboratório no Setor de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Química da ESALQ.

Os nutrientes Ca e Mg foram determinados em espectrofotômetro de absorção atômica; P em fotolorímetro; K em fotômetro de chama e N por titulação ácida após passagem por microdestilador de Kjeldah. As seqüências operacionais foram conforme SARRUGE e HAAG (1974).

5. RESULTADOS

A Figura 5 apresenta as taxas de deposição de material orgânico na mata, em cada uma das coletas. As folhas constituíram a fração dominante nas bandejas, com um ápice de deposição compreendido entre julho e novembro, aproximadamente. Em geral, as frações ramos e miscelânea apresentaram, em cada coleta, variabilidade maior que a fração foliar. As frações ramos e miscelânea apresentaram a mesma tendência de variação estacional, com período de maior deposição compreendido entre setembro e janeiro, aproximadamente.

A Figura 6 revela que também no eucaliptal as folhas constituíram a fração dominante e que as frações ramos e miscelânea apresentaram variabilidade acentuada em cada coleta. A deposição foliar foi mais intensa no período de dezembro a março, com um pico isolado na parte central do ano. A deposição das frações ramos e miscelânea foi maior em ocasiões do período chuvoso.

A Figura 7 mostra que na fração foliar da mata a concentração de K apresentou oscilações notáveis no decorrer das coletas. Outros elementos considerados móveis, como o Na e o P , não apresentaram variação concordante com a do K. Observa-se,

em todas as coletas, a tendência à sequência $Ca \geq N > K > Mg > P$, quanto à concentração de nutrientes.

Como mostra a Figura 8, as concentrações de nutrientes na fração foliar do eucaliptal foram bastante inferiores às da mata. Como na fração foliar da mata, não se pode associar a variação do K com as de N e P. Observa-se, nas coletas, a sequência $N > Ca > Mg > K > P$.

A Tabela 5 evidencia, numericamente, que no período anual as concentrações de nutrientes no material decíduo da mata foram muito superiores às do eucaliptal, que no total, quer na comparação fração com fração.

A Tabela 6 apresenta as quantidades de material orgânico e nutrientes depositadas no período anual, na mata e no eucaliptal. Em ambos os ecossistemas as folhas foram as frações medidas com maior precisão. Considerando a sobreposição de valores de média \pm desvio padrão da média, as quantidades de folhas e do total de material orgânico foram maiores na mata. As quantidades de nutrientes depositadas na mata são maiores que as depositadas no eucaliptal.

Os valores anuais apresentados nas Tabelas 5 e 6 foram calculados a partir de dados de coletas realizadas no período de dezembro de 1976 a dezembro de 1977.

Formação	folhas	N	P	K	Ca	S	Na
Pinus		35.53	1.03	2.74	23.20	2.34	
Eucalipto	6740	32.6	2.29	19.6	24.5		
Mesófila semidecídua		50.0	5-10	50	50.0	20-30	
Atlântica		128.47	2.97	13.74	56.46	13.07	4.78
Mesófila Alterada		134.95	7.28	18.42	79.61	20.57	2.78
Ciliar	4687	138.7	7.37	54.1	155.9		

Nutrientes em Kg/ha ano e g/ha ano na serapilheira produzida.

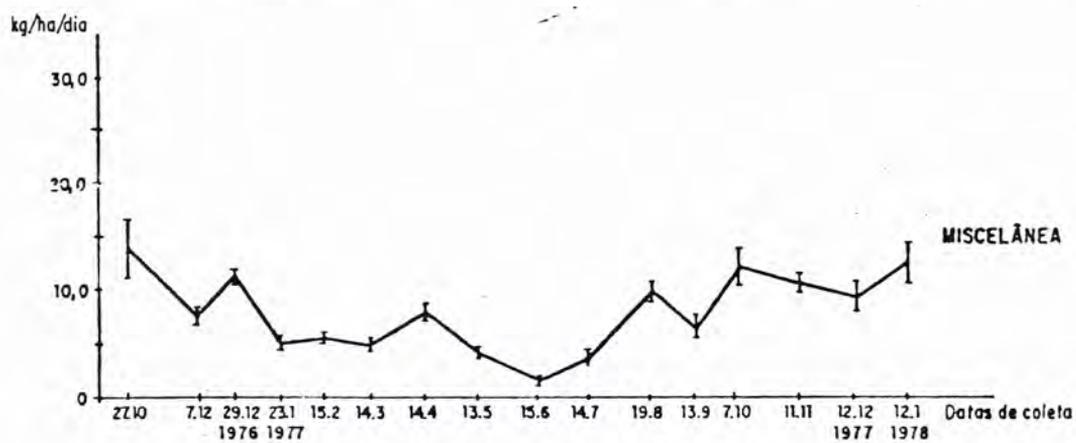
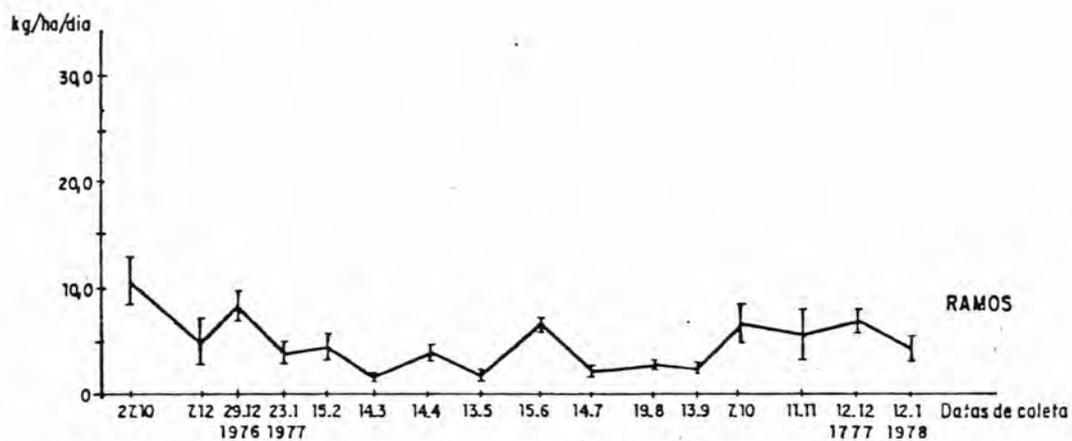
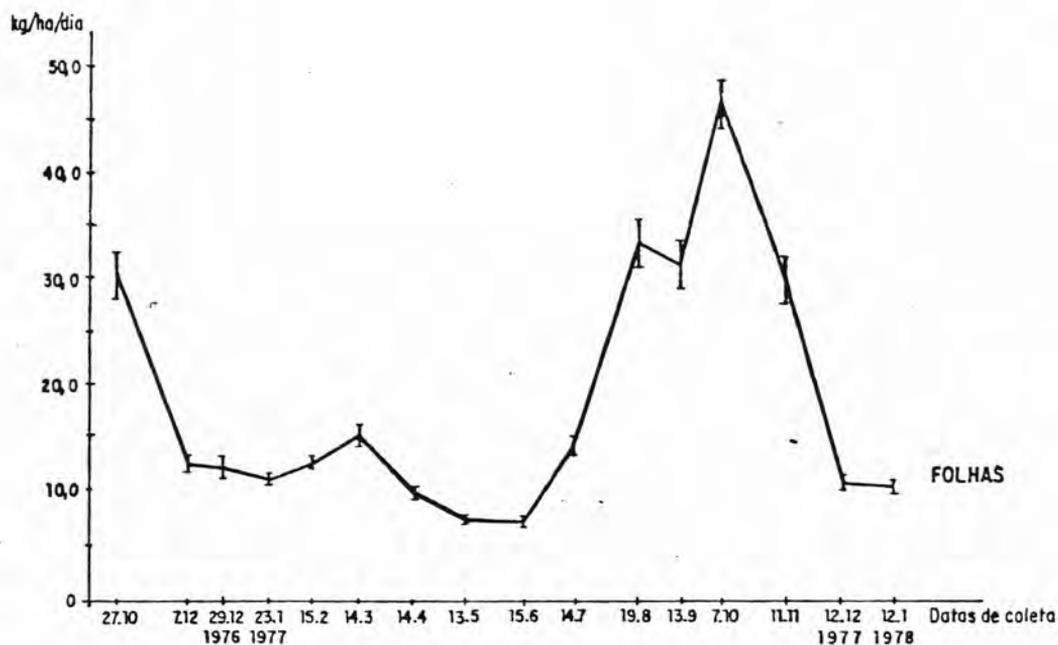


FIG.5. Taxas de deposição de material orgânico na mata
(média \pm desvio padrão da média)

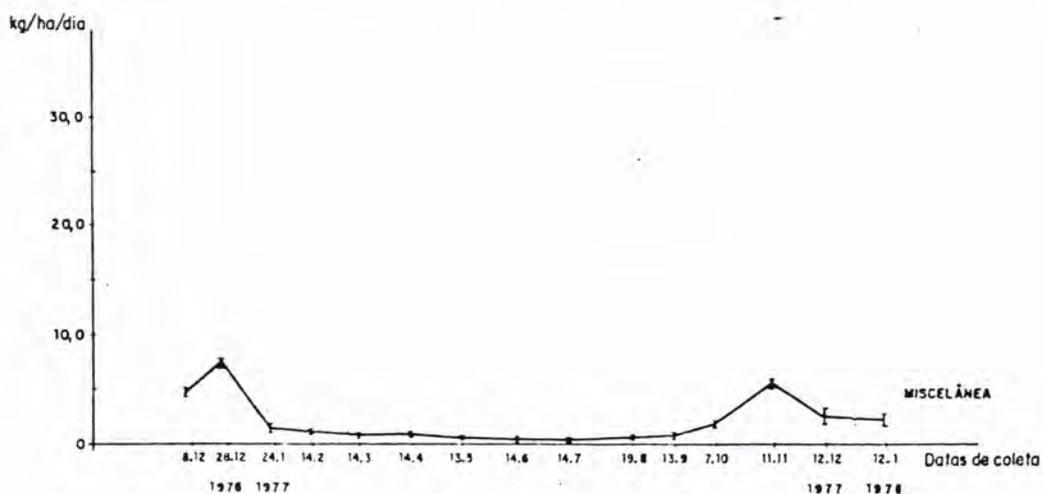
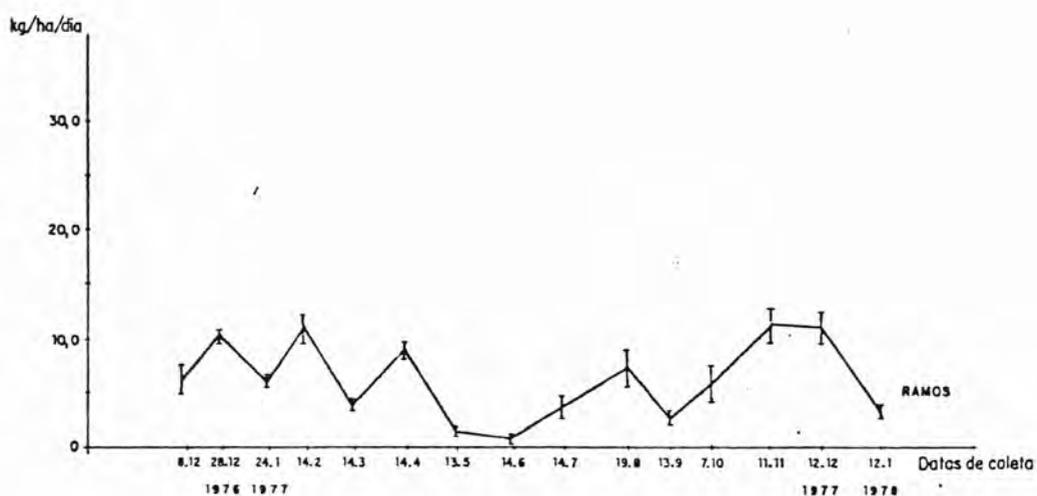
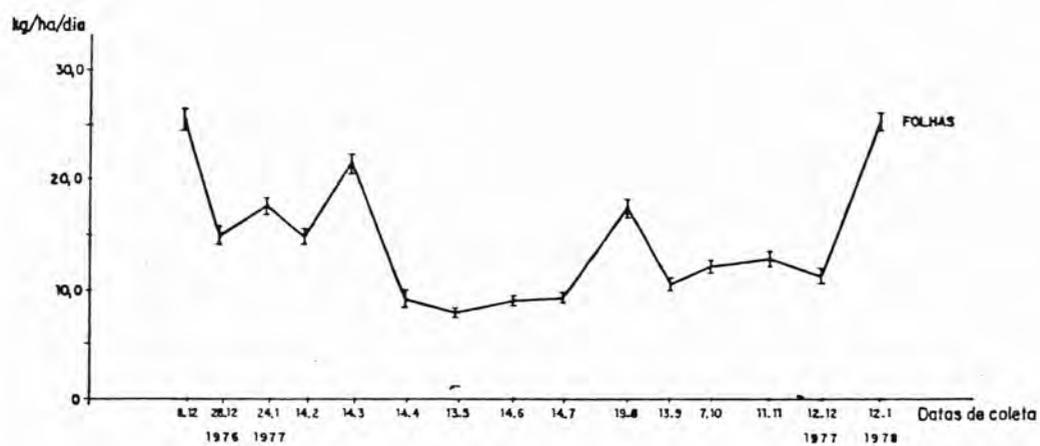


FIG. 6. Taxas de deposição de material orgânico no eucaliptal
(média \pm desvio padrão da média)

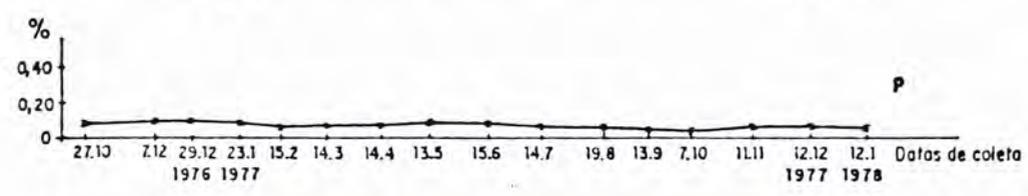
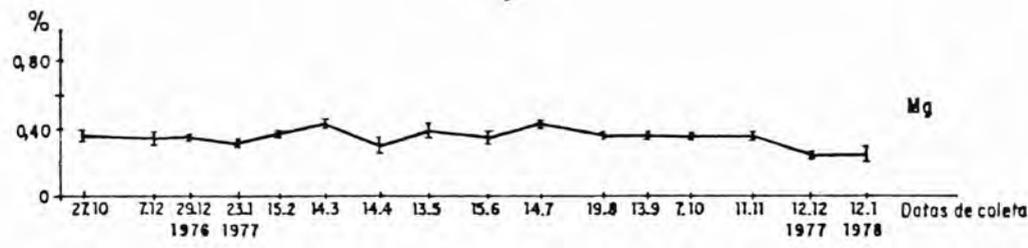
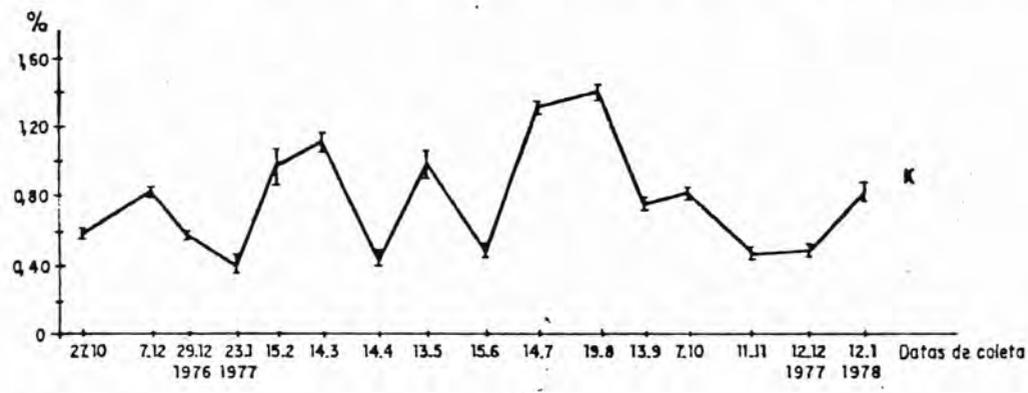
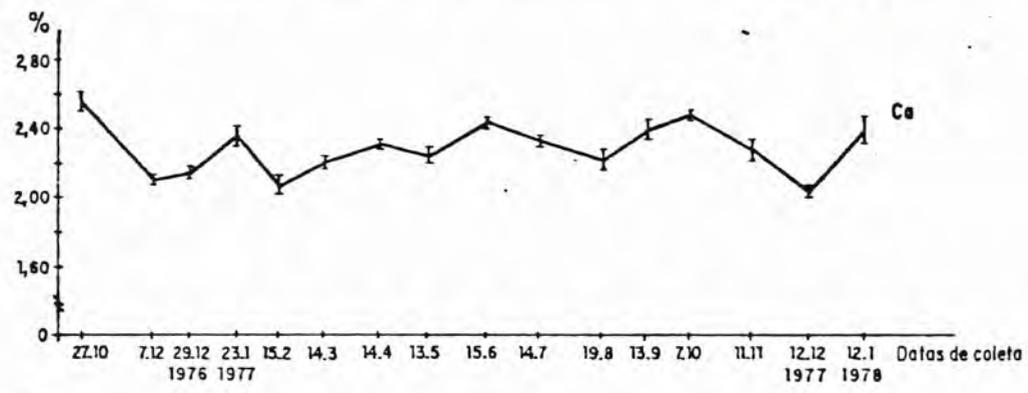
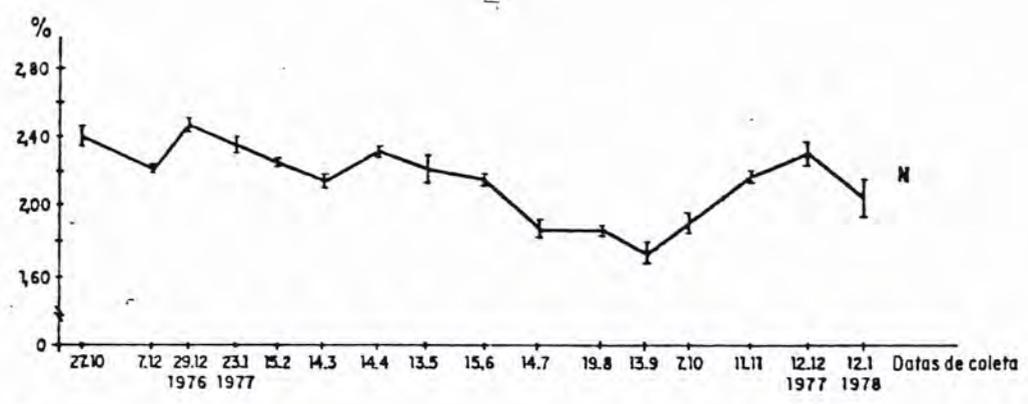


FIG. 7. Concentrações de nutrientes nas folhas decíduas da mata (média ± desvio padrão da média)

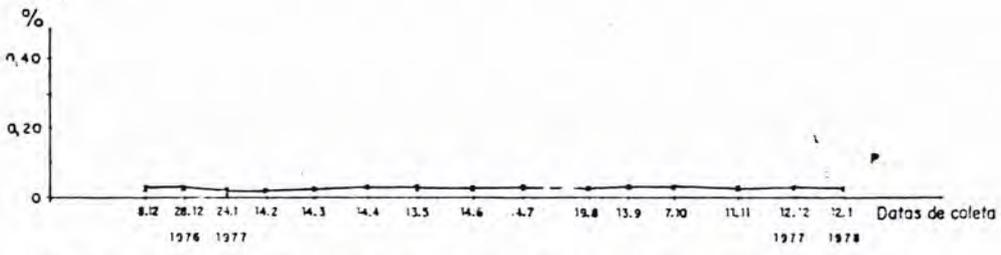
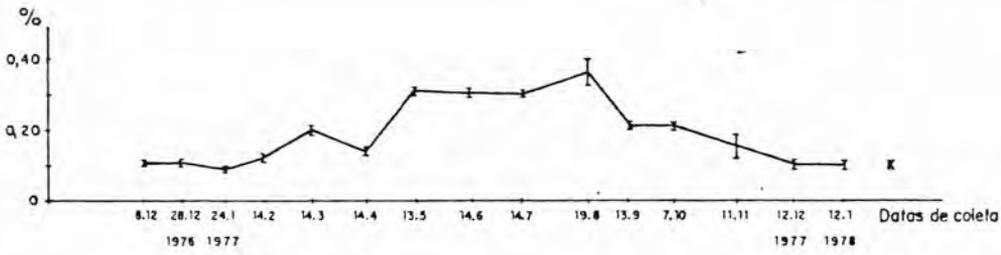
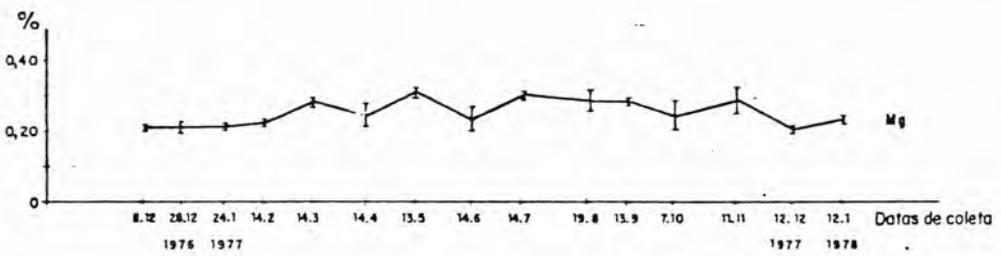
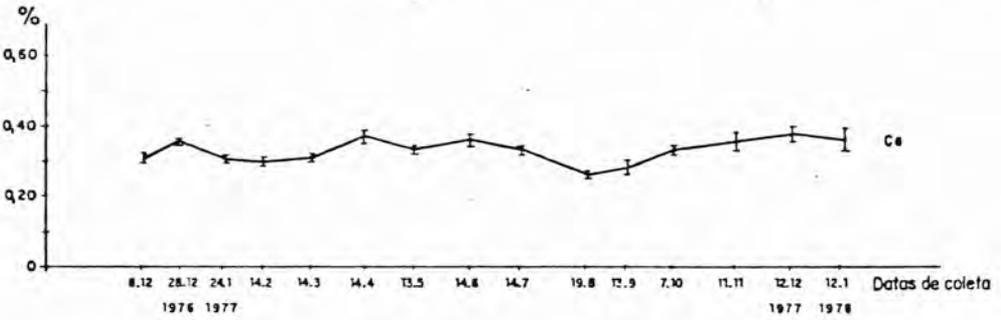
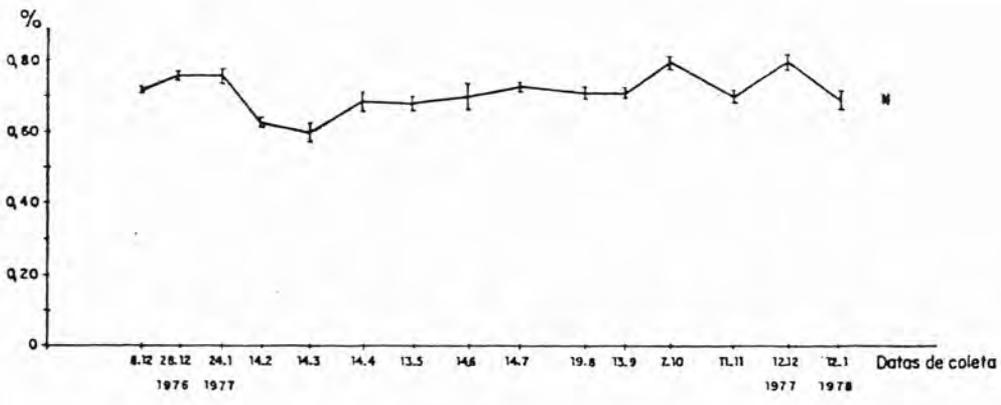


FIG. 8. Concentrações de nutrientes nas folhas decíduas do eucaliptal (média ± desvio padrão da média)

Tabela 5. Concentrações de nutrientes nas frações do material orgânico depositado no ciclo anual da mata e do eucaliptal (média \pm desvio padrão da média)

Mud. Sec

Fração	Nutrientes (% de peso seco)					
	N	P	K	Ca	Mg	Tôtal
Mata						
Folhas	2,05 \pm 0,04	0,109 \pm 0,006	0,80 \pm 0,03	2,31 \pm 0,06	0,33 \pm 0,01	5,599 \pm 0,146
Ramos	1,19 \pm 0,06	0,069 \pm 0,001	0,24 \pm 0,02	2,32 \pm 0,09	0,18 \pm 0,01	3,999 \pm 0,181
Miscelânea	1,98 \pm 0,05	0,128 \pm 0,007	0,60 \pm 0,03	2,20 \pm 0,06	0,27 \pm 0,01	5,178 \pm 0,157
Eucaliptal						
Folhas	0,69 \pm 0,02	0,048 \pm 0,003	0,20 \pm 0,01	0,52 \pm 0,02	0,25 \pm 0,02	1,708 \pm 0,073
Ramos	0,21 \pm 0,01	0,018 \pm 0,001	0,05 \pm 0,01	0,37 \pm 0,02	0,11 \pm 0,01	0,758 \pm 0,051
Miscelânea	0,37 \pm 0,02	0,028 \pm 0,001	0,06 \pm 0,01	0,31 \pm 0,01	0,18 \pm 0,02	0,948 \pm 0,061

Tabela 6. Quantidades de material orgânico e nutrientes depositados no ciclo anual da mata e do eucaliptal
(média \pm desvio padrão da média)

Fração	Material Orgânico (kg/ha)	Nutrientes (kg/ha)					
		N	P	K	Ca	Mg	Total
Mata							
Folhas	6740 \pm 409	138,7 \pm 10,9	7,37 \pm 0,79	54,1 \pm 5,3	155,9 \pm 12,9	22,4 \pm 2,0	378,47 \pm 31,89
Ramos	1303 \pm 307	15,7 \pm 4,3	0,90 \pm 0,22	3,1 \pm 0,9	30,2 \pm 8,7	2,7 \pm 0,7	52,60 \pm 14,82
Miscelânea	2460 \pm 303	48,1 \pm 6,9	3,12 \pm 0,53	14,7 \pm 2,1	53,5 \pm 7,9	6,6 \pm 0,9	126,02 \pm 18,33
Total	10503 \pm 1019	202,5 \pm 22,1	11,39 \pm 1,54	71,9 \pm 8,3	239,6 \pm 29,5	31,7 \pm 3,6	557,09 \pm 65,04
Eucaliptal							
Folhas	4687 \pm 220	32,6 \pm 2,2	2,29 \pm 0,22	9,6 \pm 0,7	24,5 \pm 1,8	11,8 \pm 1,0	80,79 \pm 5,92
Ramos	2245 \pm 537	4,8 \pm 1,3	0,42 \pm 0,11	1,3 \pm 0,3	8,5 \pm 2,4	2,7 \pm 0,7	17,72 \pm 4,81
Miscelânea	636 \pm 193	2,4 \pm 0,8	0,18 \pm 0,07	0,4 \pm 0,1	1,9 \pm 0,7	1,2 \pm 0,4	6,08 \pm 2,07
Total	7568 \pm 950	39,8 \pm 4,3	2,89 \pm 0,40	11,3 \pm 1,1	34,9 \pm 4,9	15,7 \pm 2,1	104,59 \pm 12,80

6. DISCUSSÃO

6.1. Aspectos da amostragem da deposição de material orgânico

Em comparação com uma plantação florestal, a medição da deposição de material orgânico em uma floresta natural heterogênea exige maior intensidade de amostragem para atingir um nível de precisão considerado satisfatório. A variabilidade espacial na deposição de material orgânico é maior na floresta natural, e um dos principais fatores para isto é que as espécies têm comportamentos fenológicos diferentes; exemplos sobre a mata de Lençóis Paulista podem ser vistos em CARPANEZZI (1975). Além disso, como notou WARMING (1973, p. 224), há variações individuais de fenologia, dentro de cada espécie.

Outros fatores importantes que concorrem para a variabilidade espacial da deposição em uma floresta natural são a atividade da fauna arborícola e a complexidade da organização espacial da vegetação. Na mata de Lençóis Paulista a ação de macacos e serradores (Cerambicideae) ocasionaram, não raro, a queda de ramos com folhas jovens, captados pelas bandejas. Devido à organização espacial da vegetação ocorrem, esporadicamente, grandes deposições de material orgânico em áreas pequenas e descontínuas, em consequência da queda de árvores ou ra

mos grandes, os quais podem causar, adicionalmente, quedas em cadeia de materiais de outros estratos, principalmente quando há ocorrência de lianas.

Atendo-se à amostragem por bandejas, o tempo gasto na divisão do material decíduo em componentes isolados - folhas, ramos e miscelânea, na presente investigação - é fator limitante para a adoção de intensidades de amostragem elevadas em florestas naturais heterogêneas. A separação do material coletado mensalmente em cada bandeja do eucaliptal pôde ser sempre realizada em menos de 10 minutos. Entretanto, para o material da mata houve necessidade de ao menos 40 minutos para a separação criteriosa das frações de cada bandeja.

A grande maioria dos trabalhos publicados sobre deposição de material orgânico não apresenta medidas de dispersão da amostragem, limitando-se às médias anuais e ou periódicas. Conseqüentemente, não esclarecem qual o nível de precisão de amostragem que considerariam adequado.

O nível de precisão julgado satisfatório para as deposições de material orgânico varia entre os poucos autores que tratam do assunto. WILL (1959), KLINGE e RODRIGUES (1968a) e GOSZ *et alii* (1972) consideraram adequados valores de desvio padrão da média inferiores a 10% da média, enquanto LANG (1969) os considerou abaixo de 5% da média. MEDWECKA-KORNAS (1971), adotando proposta de NEWBOULD (s.d.), também considera adequados valores de desvio padrão da média inferiores a 5% da média.

A adoção de um nível de precisão como satisfatório é ligada à natureza do fenômeno medido. Quando é possível controlar rigidamente as causas de variação há exigência de precisão maior, e inversamente nos casos em que há dificuldade de controle das causas de variação.

Em função da natureza bastante variável da depo

sição de material orgânico, estatístico consultados opinaram que valores de desvio padrão da média menores que 10% da média são considerados satisfatórios.

6.1.1. Aspectos da amostragem da deposição de material orgânico na mata

Pelo exame da Figura 5 e Tabela 6 fica evidente que somente a fração foliar apresentou, em todas as coletas e no período anual, valores de desvio padrão da média menores que 10% da média.

Como pode ser inferido da Tabela 6, a fração miscelânea apresentou no ciclo anual o valor de 12,3% da média para o desvio padrão da média, acima do limite aceitável de 10%. A proximidade entre os 2 índices indica que para o tipo de mata investigada nesta pesquisa uma precisão adequada para a fração miscelânea poderá ser alcançada com o uso de bandejas, desde que sejam efetuadas modificações na amostragem.

Os valores anuais da fração ramos, expostos na Tabela 6, evidenciam a deficiência da amostragem, expressa no valor de 23,5% da média para o desvio padrão da média. A amostragem com bandejas não se presta também à medição de frações lenhosas de grandes dimensões, como troncos ou ramos grossos. Para a obtenção de dados precisos sobre a deposição total de frações lenhosas poderão ser utilizadas parcelas maiores que as bandejas, delimitadas no piso florestal. Em povoamento de Pinus oocarpa de 12 anos, POGGIANI (comunicação pessoal) utiliza, em caráter preliminar, parcelas de 600m² para frações lenhosas, além de bandejas de 1m² para acículas. Para ecossistemas naturais maduros, nos quais a amplitude do material lenhoso deciduo é acentuada - desde gravetos até caules grossos - é particularmente interessante a prática de GOSZ *et alii* (1972), que dividiram o material lenhoso deciduo em diferentes frações e

utilizaram parcelas de áreas distintas para cada uma. Isto permite obter, com relativa facilidade, níveis de precisão adequados para cada uma das frações lenhosas.

Na Tabela 6 o valor médio da deposição total de material orgânico da mata deve ser considerado como inferior ao valor da deposição total real, devido à ineficácia da amostragem para cascas e frações lenhosas do porte de ramos grossos ou caules. Entretanto, ele serve para comparação com dados da literatura, como os apresentados por BRAY e GORHAM (1964), KLINGE e RODRIGUES (1968a, 1968b), BERNHARD-REVERSAT (1976) e dezenas de outros autores, devido à semelhança de amostragem.

6.1.2. Aspectos da amostragem da deposição de material orgânico no eucaliptal

A análise da Figura 6 e da Tabela 6 revela que somente os pesos da fração foliar foram determinados com precisão adequada. No período anual os valores dos desvios padrões das médias para as frações ramos e miscelânea foram de 23,9 e 30,3% da média, respectivamente, indicando a necessidade de amostragem em separado.

É reconhecido que árvores de *E. saligna* e de *E. grandis* apresentam cascas decíduas, e que a deposição das cascas ocorre de modo acentuado na base dos caules. A utilização de bandejas tradicionais, dispostas ao acaso ou sistematicamente, é inadequada para a medição. Para isto poderia ser utilizado um dispositivo semelhante a uma bandeja, com um orifício central, circundando o caule.

Na mata há poucas espécies de cascas decíduas - principalmente cabriutinga (*Cyclobium vechii*) e guaiaruva (*Securinega guaiaruva*) - e aparentemente a intensidade de queda de cascas de cada árvore destas espécies é bem menor que nas árvores do eucaliptal. Pode-se considerar, portanto, que a de

posição anual de cascas decíduas é maior no eucaliptal do que na mata.

O valor médio da deposição total de material orgânico no eucaliptal, exposto na Tabela 6, deve ser considerado como potencialmente inferior ao valor da deposição total real, em decorrência da inadequação da amostragem para medir a deposição de caules, ramos grossos e cascas. Como no caso da mata, há possibilidade de comparação com dados da literatura, pela semelhança de amostragem.

6.2. Variação estacional da deposição de material orgânico

No interior do Estado de São Paulo a observação cotidiana das espécies nativas revela um período de deposição foliar mais intenso na estação seca, entre os meses de julho e outubro, aproximadamente. Este padrão pode ser tomado como representativo da vegetação regional.

6.2.1. Variação estacional da deposição de material orgânico na mata

A análise da Figura 5 indica que as frações ramos e miscelânea apresentaram a mesma tendência quanto à variação estacional. O período de maior deposição iniciou ao final da estação seca e prosseguiu até meados do verão.

A Figura 5 mostra, no ano de 1977, a ocorrência de um período de deposição foliar mais intensa entre os dias 15.7 e 11.11. Estas datas compreendem as partes central e final da estação mais seca e o início da estação chuvosa. Entretanto, como mencionado no item 6.4, há indícios de que a deposição no período de 14.7 a 19.8 envolveu quantidade significativa de folhas não senescentes. Deste modo, a queda de folhas fisiologicamente decíduas deste período, no ano de 1977, deve

ser considerada menor que a apresentada na Figura 5.

Em suas linhas gerais a variação estacional da deposição foliar na mata concorda com as informações de RIZZO *et alii* (1971), WARMING (1973, p. 220-232) e RIZZINI (1979, p. 83), referentes a ecossistemas naturais brasileiros situados em regiões de climas similares. Ela assemelha-se, também, ao padrão observado no mesmo ano por POGGIANI (1978) em povoaamentos de *Pinus oocarpa*, no município vizinho de Agudos.

As informações das Figuras 1, 5 e 6 permitem supor que, na mata e no eucaliptal, a época de maior deposição foliar foi equivalente nos 2 anos, embora o ano de 1977 não tenha apresentado estação de menor precipitação. Isto sugere que, independente das chuvas, há outros fatores ambientais e ou fisiológicos associados à caducifolia. Pode-se citar, como possíveis fatores ambientais, as variações estacionais de fotoperíodo e temperatura.

Foram observadas variações quanto à intensidade de desfoliação aparente das espécies da mata, no período seco. Peroba rosa (*Aspidosperma polyneuron*) e guatambu branco (*A. ramiflorum*), por exemplo, apresentam sinais leves de deciduidade foliar, ao passo que araribã (*Centrolobium* sp), cedro (*Cedrela* sp) e paineira (*Chorisia speciosa*) perdem todas as folhas. A diferença entre os comportamentos reflete características adaptativas das espécies, não esclarecidas por ora.

6.2.2. Variação estacional da deposição de material orgânico no eucaliptal

Embora de precisão insatisfatória, as informações das Figuras 1 e 6 indicam que no eucaliptal a deposição das frações ramos e miscelânea foi mais intensa em ocasiões do período chuvoso. Em floresta de *E. regnans*, ASHTON (1975) tam

bem verificou que a ocorrência de tempestades pode provocar maior queda de ramos.

A Figura 5 e 6 indicam que no eucaliptal a variação estacional da deposição foliar foi menos acentuada do que na mata. Com efeito, a razão entre as médias das coletas de máxima e mínima deposição diária foi de 6,5:1 na mata e 3,2:1 no eucaliptal. Comparativamente, portanto, a queda de folhas no eucaliptal teve menor associação com as condições climáticas regionais.

A Figura 6 mostra que no eucaliptal a deposição foliar acentuou-se no final da primavera e no verão, períodos de temperatura e pluviosidade elevadas. Dados de POGGIANI (comunicação pessoal) sobre plantação de *E. saligna* de 6 anos, em solo de antiga mata, em Piracicaba, SP, mostram padrão similar, com deposição foliar mais intensa no verão. Os eucaliptais, portanto, diferem da vegetação natural da região, quanto à variação estacional da deposição de folhas, e aproximam-se do padrão inferido de SPECHT e BROUWER (1975) para espécies do leste da Austrália, região de onde *E. saligna* e *E. grandis* são originárias.

O item 6.4. propõe uma explicação para o pico isolado da coleta de 19.8.77, mostrado na Figura 6.

De acordo com as observações de RIZZO *et alii* (1970) e WARMING (1973, p. 220-232), a queda de folhas das árvores do cerrado é mais intensa no período de menor pluviosidade do ano. Todavia, informações presentes em FERRI (1964), GOODLAND (1979a, p. 13-20) e RIZZINI (1979, p. 114, 145 e 167) deixam claro que o fato não pode ser atribuído de modo exclusivo ou principal às condições de disponibilidade de água do solo. Portanto, outros fatores ambientais e ou fisiológicos estão envolvidos. Devido às diferenças nas características de variação estacional da queda de folhas em eucaliptais e em cerrados, pode

ser considerado que os fatores que controlam a deposição foliar em cerrados e em eucaliptais também diferem.

A manutenção das folhas do eucaliptal no período mais seco do ano poderia, aparentemente, ser tomada como prova de que não há restrição séria à transpiração nesta época. Isto seria possível devido ao desenvolvimento de sistema radicular profundo, usualmente atribuído aos eucaliptos plantados no Brasil, embora informações numéricas, como as de FERRI (1964), sejam raras. As raízes profundas poderiam, potencialmente, garantir suprimento adequado de água.

A hipótese não está provada de modo direto, atualmente. Além disso, ela explicaria a manutenção de folhas no período mais seco, mas não a queda no período quente e chuvoso.

Segundo SPECHT e BROUWER (1975), investigações demonstraram que a foliação e a desfoliação tendem a ocorrer simultaneamente em comunidades perenifólias da Austrália. Baseados nesta tendência, os autores admitem que o padrão de deposição foliar pode dar uma idéia razoável da variação estacional do crescimento de gemas. Aceitando esta suposição para eucaliptais de Lençóis Paulista e Piracicaba, a variação estacional da deposição foliar pode, em hipótese, ser associada ao estabelecimento de desnível de concentração de auxina entre ramo e limbo, apontado por STREET e ÖPIK (1974, p. 295-303) como um fator crítico na abscisão. O crescimento intenso de gemas seria decorrente das condições ambientais do fim da primavera e do verão. Como as gemas e as folhas jovens são centros importantes de síntese de auxinas, o movimento basipetalar das auxinas resultaria em desnível de concentração entre ramo e limbo, devido ao aumento do nível de auxinas do ramo.

A intensificação de deposição foliar nos eucaliptais de Lençóis Paulista e Piracicaba ocorreu em período quente e chuvoso. Baseando-se em SPECHT e BROUWER (1975), a ele

vação de temperatura é o mais provável fator ambiental que poderia desencadear o crescimento intenso de gemas nos eucaliptais de Lençóis Paulista e Piracicaba, no período de deposição foliar mais intensa. Resumindo dados australianos referentes a espécies de *Eucalyptus* ao sul do Trópico de Capricórnio, os autores afirmam que o crescimento de gemas é inibido por temperaturas mensais abaixo de 16-18°C, e que o fotoperíodo e a umidade do solo não têm papel decisivo no fenômeno. Corroborando esta hipótese, COZZO (1971) verificou, em Buenos Aires, Argentina, em plantações de *E. camaldulensis*, maior deposição foliar no verão, sem precipitações, após as chuvas da primavera.

6.3. Deposição anual de material orgânico

Segundo dados coletados na sede da Fazenda Rio Claro, os anos de 1976 e 1977 apresentaram precipitações acima da média, atingindo 1789 a 1400mm, respectivamente. Estes fatos justificam a recomendação de MEDWECKA-KORNAS (1971) de que a deposição de material orgânico de um ecossistema florestal qualquer deve ser medida por um período mínimo de 3 anos.

6.3.1. Deposição anual de material orgânico na mata

A Tabela 6 indica que as folhas corresponderam a 64,0% do total de material orgânico depositado. Esta percentagem enquadra-se na faixa de 60-80% em que estão comumente situados os valores determinados em florestas tropicais e subtropicais, quando são empregadas parcelas de coleta semelhantes. Todavia, a fração miscelânea correspondeu a 23,4%, superior aos valores de 1-15% comumente encontrados.

A deposição total anual da mata é elevada para sua latitude, equiparando-se com as florestas tropicais úmidas quando interpolada no gráfico apresentado por BRAY e GORHAM (1964, p. 128). Aparentemente, este fato é consequência das ca

racterísticas edáficas locais, as quais conferem, potencialmente, alta produtividade ao ecossistema.

A Tabela 7 mostra que as deposições de nutrientes e do total de material orgânico da mata são próximas dos valores determinados por NYE (1961), em floresta secundária de cerca de 40 anos, em Ghana. As participações da deposição foliar em relação ao total de material orgânico deposto, determinado por uso de bandejas, também são semelhantes (64,0% na mata de Lençóis Paulista e dois terços em Ghana).

Na floresta de Ghana, NYE (1961) avaliou, por meio indireto, a deposição anual de material lenhoso de grandes dimensões ("timber fall") em 11 200 kg/ha. O método utilizado baseia-se na suposição de que em florestas plenamente desenvolvidas a deposição anual de material lenhoso grosso é equivalente à produção anual de madeira.

O método empregado por NYE (1961) permite a estimativa da deposição de material lenhoso de grandes dimensões na mata de Lençóis Paulista. Considerando que o valor da relação entre as taxas de "increment" ^{a/} de floresta subtropical e tropical apresentadas por RODIN e BAZILEVIC (1967) é de 75%, e multiplicando 11 200 kg/ha por 75%, o "timber fall" anual da mata de Lençóis Paulista alcançaria 8 400 kg/ha. É desejável, sem dúvida, que este valor seja testado, através de mensurações diretas.

a/ "Increment... (is)... the annually increasing mass of leaves and herbaceous organs plus the increment of wood and roots". RODIN e BAZILEVIC (1967, p. 27)

Tabela 7. Deposição de nutrientes em ecossistemas florestais

Espécie	Idade (anos)	Material orgânico		N u t r i e n t e s (kg/ha/ano)					Fonte de informação
		Fração	kg/ha/ano	N	P	K	Ca	Mg	
<i>E. saligna</i>	6	Folhas	5500	51	3	11	57	8	POGGIANI (1976)
<i>E. obliqua</i>	madura	Total	3560	-	1,04	5,46	20,72	8,32	ATTIWILL (1968)
<i>E. pilularis</i>	madura	Folhas	6496	41,1	1,34	8,3	22,2	-	WEBB <i>et alii</i> (1968)
<i>E. regnans</i>	220	Total	7756	57,6	1,9	7,5	48,8	-	ASHTON (1975)
		Folhas	4016	43,5	1,4	5,7	34,4	-	
<i>E. saligna e E. grandis</i>	5	Total	7568	39,8	2,89	11,3	34,9	15,7	Este estudo
		Folhas	4687	32,6	2,29	9,6	24,5	11,8	
Floresta subtropical	madura	Total	10503	202,5	11,30	71,9	239,6	31,7	Este estudo
		Folhas	6740	138,7	7,37	54,1	155,9	22,4	
Floresta temperada	140	Total	5240	79	5,4	54	76	12	DUVIGNEAUD e DENAEYER DE SMET (1970)
		Folhas	3160	55	4,6	45	52	9	
Floresta tropical	40	Total	10528	199,3	7,28	68,3	206,1	44,8	NYE (1961)
		Lavagem foliar	-	12,3	3,67	219,5	29,1	7,8	
<i>Tectona grandis</i>	6	Total	8666	94,0	8,8	61,2	166,3	21,9	EGUNJOBI (1974)

Não é possível aplicar o método proposto por NYE (1961) para o eucaliptal, pois sua biomassa está em expansão. Todavia, baseando-se nas porcentagens de falhas e de árvores mortas, a deposição média anual de material lenhoso de grandes dimensões pode ser estimada, grosseiramente, como inferior a 1 000 kg/ha, no período dos primeiros 5 anos. É desejável que também esta estimativa seja testada na prática, em ecossistemas similares.

A comparação das estimativas apresentadas evidencia a necessidade da medição de "timber fall" em ecossistemas florestais, sempre que houver desejo de determinar a magnitude real da deposição de material orgânico.

A deposição de material lenhoso de grandes dimensões contribui de modo relevante para a heterogeneidade da organização espacial e da composição química do piso florestal. Quanto maior a variação destas características, maior o número de formas de vida que podem viver ali. O material lenhoso do piso da mata, em maior quantidade e mais heterogêneo que o do eucaliptal propicia, comparativamente, maior diversidade biológica.

6.3.2. Deposição anual de material orgânico no eucaliptal

Como indicam os dados da Tabela 6, no eucaliptal as folhas corresponderam a 61,9% do material orgânico depositado nas bandejas, valor considerado normal quando comparado à literatura mundial. A fração ramos, todavia, situou-se acima do normal, equivalendo a 29,6%. A deposição elevada de ramos concorda com resultados de ASHTON (1975), que determinou valores de 21-27% em florestas de *E. regnans*. O autor atribuiu a elevada participação de ramos à rápida lignificação dos lançamentos, considerada por JACOBS (1955) como uma característica de eucaliptos de rápido crescimento.

Embora o eucaliptal tenha apenas 5 anos de idade e esteja situado em solo originalmente pouco fértil, seu total de deposição de material orgânico, mostrado na Tabela 6, é considerado normal para a latitude em que se encontra, de acordo com gráfico proposto por BRAY e GORHAM (1964, p. 128).

Na literatura consultada não há dados confiáveis sobre a deposição anual de material orgânico em cerrados; não é possível, portanto, a comparação segura do eucaliptal com a vegetação primitiva do local, um cerrado aberto. Todavia, a média de deposição foliar anual do eucaliptal, igual a 4687 kg/ha, equivale a 5,3 vezes o valor apontado por HOPKINS (1966) para savana antrópica da Nigéria, a 1,6 vezes o valor indicado por MALAISSE *et alii* (1975) para savana do Zaire e a 1,1 vezes o valor determinado por RIZZO *et alii* (1971) em cerrado próximo a Goiânia ^{a/}.

Dois aspectos devem ser objetos de atenção na comparação entre as taxas de deposição de material orgânico de uma plantação florestal e de um cerrado. O primeiro é que a taxa de deposição de uma plantação jovem, como o eucaliptal de Lençóis Paulista, aparentemente não é constante, aumentando de ano a ano. É conveniente, portanto, a obtenção de uma média anual que possa exprimir a deposição proporcionada por cada ciclo de corte; esta média deve incorporar os resíduos de exploração. Outro aspecto é a necessidade de quantificar a deposição de material orgânico proporcionada pelo estrato inferior dos cerrados (principalmente pelas gramíneas), ao lado da deposição dos estratos arbustivo e arbóreo. Como indicam os dados

^{a/} Os autores apresentaram gráficos com dados de 6,5 meses de coleta; para o cálculo do período restante foi considerada a deposição mensal de 200 kg/ha, adotada a partir de informações do artigo. A amostragem utilizou somente uma parcela de 1m² e não há indicação explícita de secagem do material coletado.

de MALAISSE *et alii* (1975), referentes a uma savana do Zaire, a contribuição do estrato inferior pode ser muito importante.

ANDRADE (1940) informou ter medido por 8 anos a deposição de material orgânico em eucaliptais paulistas e de terminado o valor de 14 000 kg/ha. O autor não forneceu informações precisas sobre os povoamentos medidos e a metodologia utilizada; da leitura do artigo conclui-se, todavia, que não foram incluídos ramos grossos ou caules. Não há indicação explícita de que o material coletado tenha passado por secagem.

O total anual da deposição no eucaliptal de Lençóis Paulista é claramente inferior ao encontrado por ANDRADE (1940). Ele é, entretanto, próximo ao valor total do povoamento de *Eucalyptus saligna* de 6 anos de idade mencionado por POGGIANI (1976), segundo comunicação pessoal.

Como mostra a Tabela 8, a relação entre a média da deposição foliar anual do eucaliptal (4687 kg/ha) e a área basal considerada representativa do período de medições (20,3 m²/ha) é de 231 kg/m². Este valor é superior ao de 70-75 kg/m², determinado por BONNEVIE-SVENDSEN e GJENS (1957), citado por BRAY e GORHAM (1964), em populações de folhosas e coníferas, na Noruega. Adicionalmente, o eucaliptal apresenta maior velocidade de crescimento em área basal, o que contribui potencialmente para aumentar a diferença entre as taxas acumuladas de deposição do eucaliptal de Lençóis Paulista e dos ecossistemas nórdicos.

A Tabela 8 evidencia a proximidade entre os valores da relação deposição foliar: área basal para as plantações de eucaliptos consideradas. Este fato permite prever a possibilidade futura de fixar correlações entre valores de área basal e de deposição de material orgânico em plantações florestais brasileira, desde que novas investigações sejam feitas.

Tabela 8. Relação entre deposição foliar e área basal

Local	Espécie	Idade <u>a/</u> (anos)	A	B	A:B	Fonte de informação
			Deposição foliar anual (kg/ha)	Área basal m ² /ha	(kg/m ²)	
Noruega	Diversas	-	-	8 a 40	70 a 75	BRAY e GORHAM (1964)
Agudos	<i>P. oocarpa</i>	12	6100	31,0	197	POGGIANI (Comunicação pessoal)
Piracicaba	<i>E. saligna</i>	6	5405	22,3	242	Idem
	<i>E. saligna</i>	7	6464	24,8	260	Idem
Lençóis Paulista	<i>E. saligna</i> e <i>E. grandis</i>	5	4687	20,3	231	Este estudo
Lençóis Paulista	Floresta nativa	madura	6740	69,5	97	Este estudo

a/ Idade ao final de 1 ano de medição de deposição

Outrossim, considerando que a área basal do eucaliptal de Lençóis Paulista ainda está aumentando, pode-se prever que sua deposição foliar aos 6 anos será próxima à do eucaliptal de mesma idade, situado em Piracicaba.

Na literatura consultada não há informações que permitam a comparação da relação deposição foliar: área basal da mata, apresentada na Tabela 8, com dados de ecossistemas similares, subtropicais.

6.4. Variação estacional da concentração de nutrientes

Como mencionado no item 6.2., no interior do Estado de São Paulo há um ápice de deposição foliar de julho a outubro, aproximadamente. Deste modo, o exame superficial da Figura 5 faz supor que no período de 15.7 a 19.8 tenha ocorrido grande queda de folhas fisiologicamente decíduas na mata.

Entretanto, a elevada concentração de K na fração foliar da coleta deste período, mostrada na Figura 7, implica em expressiva participação de folhas mais jovens. Segundo observações locais, no dia 23.7 ocorreram ventos fortes e precipitação; supõe-se que estes fatos tenham ocasionado a queda de folhas mais jovens. Outras características da coleta de 19.8, como o pico isolado de deposição de folhas no eucaliptal, com alto teor de K (Figuras 6 e 8) e a elevação das quedas de ramos na mata e no eucaliptal (Figuras 5 e 6), reforçam a hipótese. Não houve geadas no período. Exemplos similares foram observados por WEBB *et alii* (1969), GOSZ *et alii* (1972) e GESSEL e TURNER (1976).

A Figura 5 indica que na mata as duas coletas após 19.8 tiveram, presumidamente, participação maciça de folhas fisiologicamente decíduas. A Figura 7, pois, permite conjecturar que as concentrações de N não diferem de modo marcante entre as folhas jovens (19.8) e as fisiologicamente decíduas

(13.9 e 7.10). Esta suposição não é afetada por possível interferência de lavagem foliar ou de contribuição atmosférica: o N é um elemento pouco susceptível de arraste, e a Figura 1 indica que as precipitações do período de 20.8 a 7.10 foram baixas.

A constância nas concentrações de N das folhas da mata concorda com as observações de NYE (1961). Para este autor, nas folhas de espécies tropicais as migrações de N antes da queda seriam consideravelmente menos importante que nas espécies da zona temperada. Como sugeriu DOMMERGUES (1963), este comportamento poderia explicar a maior concentração de N do material de deposição de florestas tropicais.

As informações da Figura 8 permitem supor que também no eucaliptal há constância da concentração de N em folhas fisiologicamente decíduas e em folhas mais jovens. Na literatura consultada não há informações sobre este aspecto; entretanto, dados de HAAG *et alii* (1976), sobre folhas verdes de eucaliptos, permitem supor a movimentação do nutriente. A comprovação deste comportamento e a elucidação de outras questões que surgem do exame das Figuras 7 e 8 - como o contraste entre os picos de concentração de K e a relativa invariabilidade das concentrações de P, Ca e Mg na mata - exigem a realização de pesquisas orientadas estritamente para tais finalidades. A inclusão de medições sobre lavagem foliar e a caracterização periódica das concentrações de nutrientes em folhas verdes serão essenciais nestas investigações.

6.5. Concentrações de nutrientes no material depositado no período anual

Como mostra a Tabela 5, a fração foliar da mata apresentou maior concentração total de nutrientes que a fração ramos, e os teores de Ca de ambas foram equivalentes, fatos constatados também em outras investigações. A concentração to

tal da fração miscelânea foi próxima à da fração foliar, concordando com resultados obtidos por KLINGE e RODRIGUES (1968b), GOSZ *et alii* (1972), EGUNJOBI (1974) e BERNHARD-REVERSAT (1976).

A Tabela 5 revela que no eucaliptal as frações ramos e miscelânea foram bem diferenciadas das folhas quanto à concentração total. A respeito da concentração de Ca, a relação ramos: folhas é inferior à da mata (0,7:1 no eucaliptal e 1:1 na mata), concordando com dados de ASHTON (1975) sobre gravetos de *E. regnans*.

Comparando as concentrações da fração foliar da mata com resultados referentes a 20 ecossistemas de folhosas de diversas partes do mundo ^{a/}, verifica-se que o teor de Mg da mata encontra-se próximo à média dos valores dos ecossistemas considerados, enquanto os demais elementos - particularmente N e Ca - encontram-se acima da média. As concentrações da fração foliar do eucaliptal encontram-se claramente abaixo da média dos valores dos ecossistemas considerados, com exceção da concentração do Mg, mais próxima da média.

Como indicado em OVINGTON (1968) e SPURR e BURTON (1973, p. 173), as árvores duma espécie podem controlar, dentro de amplas variações dos solos em que vivem, as concen

a/ Os dados originais foram retirados de MAHEUT e DOMMARGUES (1960), KLINGE e RODRIGUES (1968b), WEBB *et alii* (1969), DUVIGNEAUD e DENAEYER-DE SMET (1970), GOSZ *et alii* (1972), KRAMER e KOSLOWSKI (1972, p. 306), EGUNJOBI (1974), JOHNSON e RISSER (1974), ASHTON (1975), BERNHARD-REVERSAT (1976) e POGGIANI (1976). As médias e os desvios padrões das médias são: N = 1,20 ± 0,11; P = 0,079 ± 0,009; K = 0,59 ± 0,08 ; Ca = 1,34 ± 0,15 e Mg = 0,31 ± 0,03.

trações de nutrientes de seus órgãos. Por outro lado, em ocorrência natural as espécies que apresentam maior teor de nutrientes nas folhas tendem a ocupar solos mais férteis, teoricamente por encontrarem, ali, condições que lhes possibilitam maior probabilidade de vida. Assim, as elevadas concentrações de nutrientes das folhas da mata devem ser entendidas como decorrentes das propriedades do solo e de características inerentes às espécies.

Os valores anuais das concentrações de nutrientes das folhas decíduas do eucaliptal podem ser considerados normais quando comparados aos valores de ATTIWILL (1968), WEBB *et alii* (1969), ASHTON (1975) e POGGIANI (1976), referentes a ecossistemas naturais de *E. obliqua*, *E. pilularis* e *E. regnans* e plantação de *E. saligna*, respectivamente.

A comparação direta dos teores de nutrientes da mata e do eucaliptal, mostrados na Tabela 5, evidencia os valores menores do eucaliptal. A produtividade anual de madeira comercial do eucaliptal - 50 st/ha, aproximadamente - é verificada somente em eucaliptais sem deficiências minerais aparentes e, portanto, as concentrações de nutrientes devem ser encaradas como normais. É importante mencionar que a plantação de *E. saligna* investigada por POGGIANI (1976) em Piracicaba ocupa solo de antiga mata e apresenta produtividade anual elevada, próxima a 60 st/ha. A constância das baixas concentrações foliares destes 2 eucaliptais (em relação às médias dos 20 ecossistemas de folhosas considerados) reforça a hipótese de que o fato possa ser uma característica de espécies de *Eucalyptus*.

6.6. Deposição anual de nutrientes

Excetuando-se o Mg, os totais de nutrientes depositados na mata, mostrados na Tabela 6, aproximam-se dos maiores valores determinados em florestas tropicais e subtropicais da

América e da África, segundo dados comparativos reunidos por KLINGE e RODRIGUES (1968a, 1968b) e EWEL (1976). A deposição anual média de Mg (31,2 kg/ha) situa-se cerca de 10 kg abaixo da média dos maiores valores compilados por estes autores.

A deposição de nutrientes na mata pode ser considerada elevada em termos mundiais, já que as florestas tropicais e subtropicais apresentam taxas de deposição superiores às das florestas temperadas.

As características edáficas da mata foram apontadas como possíveis responsáveis pelos valores elevados das concentrações de nutrientes e da deposição de material orgânico. Estes dois aspectos, combinados, conduziram à taxa anual de deposição de nutrientes também elevada. Entretanto, a vegetação investigada está restrita aos solos mais ricos quimicamente e com maior disponibilidade potencial de água. Presume-se, pois, que o estabelecimento de ecossistema de estrutura populacional semelhante, com a manutenção das taxas de deposições observadas, somente poderá ser conseguido em condições edáficas equivalentes.

A Tabela 7 indica que as taxas de deposição da mata assemelham-se notavelmente às da floresta investigada por NYE (1961). Nesta floresta, de precipitação anual próxima a 1625mm, a Tabela 7 mostra participação intensa da lavagem foliar na restituição de K e P. Entretanto, os percentuais de lavagem foliar não podem ser transferidos entre ecossistemas, devido às particularidades de cada um, as quais determinam taxas de remoção de nutrientes distintas. Torna-se evidente, pois, a conveniência da determinação da lavagem foliar em cada ecossistema, para melhor quantificação da etapa da restituição de nutrientes, condição essencial a sua interpretação correta.

Os dados sobre deposição de nutrientes em formações de *Eucalyptus* são escassos e envolvem variabilidade quanto a espécies, idades e locais. A Tabela 7 indica que os valo

res do povoamento de Lençóis Paulista podem ser considerados normais, quando comparados aos demais ecossistemas de *Eucalyptus*. A Tabela 7 também evidencia que os ecossistemas de *Eucalyptus* apresentam taxas de deposição de nutrientes inferiores às dos outros ecossistemas, e que esta situação decorre principalmente de concentrações de nutrientes mais baixas no material caído.

Informações constantes em OVINGTON (1968), DU VIGNEAUD e DENAEYER-DE SMET (1970) e PRITCHETT (1979, p. 203-205) indicam que a restituição anual de nutrientes pela deposição de material orgânico constitui fração importante, embora variável, da absorção total anual de nutrientes do ecossistema. Atendo-se a este conceito, o fato de o eucaliptal apresentar produtividade elevada e taxas de deposição de nutrientes baixas configurá-lo-ia como constituído de espécies pouco exigentes em nutrientes, quando comparado aos ecossistemas da Tabela 7 (exceto outros eucaliptais) e similares.

Entretanto, segundo PRITCHETT (1979, p. 200), em um ecossistema florestal a absorção total anual de nutrientes e o acúmulo líquido anual de nutrientes na biomassa alcançam valores máximos na fase inicial, de rápido crescimento. Dados de METRO e DE BEAUCORPS (1958) e LUBRANO (1968) permitem uma idéia da magnitude da retenção anual de nutrientes na madeira exportável, em eucaliptais do Norte da África e da Europa. Em florestas maduras a retenção líquida anual corrente de nutrientes na biomassa é nula, pois a biomassa é constante; embora a taxa de absorção anual seja inferior à da fase de rápido crescimento, a relação deposição: absorção é igual a 1.

Evidencia-se, portanto, que os valores de restituição não são indicadores seguros de exigência nutricional de espécies, principalmente quando não há informações sobre produção anual de biomassa e quando os dados de restituição são parciais e ou são empregados para comparar ecossistemas em está

gios sucessórios distintos. Somente o conhecimento da relação entre as taxas anuais de construção de biomassa e de absorção de nutrientes permite quantificar e comparar exigências nutricionais. DUVIGNEAUD e DENAEYER-DE SMET (1970) apresentam exemplo da obtenção destas taxas, em floresta da BÉlgica.

6.7. Efeitos do eucaliptal sobre o solo

A determinação da influência do eucaliptal sobre o solo somente poderia ser realizada caso fosse disponível um conjunto de informações referentes aos dois ecossistemas, o atual e o antigo, um cerrado aberto. Os valores sobre as deposições de material orgânico e de nutrientes do eucaliptal constituem apenas fração das informações necessárias e permitem somente abordagem, de modo genérico, de possíveis consequências.

6.7.1. Efeito da deposição anual de material orgânico

A média da deposição anual de material orgânico no eucaliptal foi de 7 600 kg/ha, aproximadamente. O valor é potencialmente inferior ao real, por excluir cascas, caules e ramos grossos, devido ao sistema de amostragem empregado. Não há, por ora, informações que permitam estimar a deposição durante um período amplo, como os 6-7 anos de cada corte.

Referindo-se a cerrados do Triângulo Mineiro, GOODLAND (1979b, p. 141) afirma que o nível de matéria orgânica dos solos é baixo porque a vegetação esparsa não produz mancha considerável. Entretanto, pela literatura consultada, a única comparação numérica possível entre taxas de deposição do eucaliptal e de cerrados é através dos dados de RIZZO *et alii* (1971), cujas ressalvas são mencionadas no item 6.3.2. A média da deposição foliar anual do eucaliptal foi ligeiramente superior à do cerrado.

Considerando por hipótese uma igualdade de depo

sição de material orgânico entre um cerrado e um eucaliptal que o substitua, pode-se assumir, mantidas constantes outras condições, que no eucaliptal o material decíduo será incorporado ao solo em maior proporção. Isto provém da ocorrência frequente de fogo nos cerrados na estação seca - em que a deposição e o acúmulo de material orgânico são elevados - ocasionando a destruição da camada de detritos orgânicos superficiais. A queima acarreta, também, perdas de N e S, por volatilização. Obviamente, a ocorrência de incêndios em eucaliptais é rara, devido às medidas de proteção adotadas.

Segundo OVINGTON (1968) o material orgânico depositado por certas espécies florestais tem decomposição lenta e acumula-se na superfície do solo, podendo imobilizar a considerável quantidade de nutrientes, a qual deixa de ser disponível às plantas. Não é suficiente, portanto, que uma plantação florestal deposite quantidade satisfatória de material orgânico. Adicionalmente, sua taxa de decomposição deve ser adequada para tornar efetiva a ciclagem de nutrientes no interior do ecossistema.

Na literatura consultada não há informações sobre velocidades de decomposição do material orgânico caído em matas, cerrados ou plantações florestais brasileiras. Todavia, a observação cotidiana de matas e eucaliptais e dados preliminares comparativos do autor permitem supor que a relação deposição: decomposição em eucaliptais não leva ao acúmulo excessivo de material orgânico e nutrientes no piso florestal. A suposição é reforçada ao comparar-se talhões de eucaliptos com talhões de *Pinus spp.*, em que a decomposição do material orgânico caído é reconhecidamente lenta.

Os efeitos alelopáticos constituem outro aspecto importante da qualidade do material orgânico depositado; entretanto, os conhecimentos sobre as plantações florestais são

praticamente nulos. É previsto que a médio prazo este assunto seja considerado de prioridade elevada, pois a condução da submata é importante opção dentro das atividades de manejo da vida silvestre em plantações florestais.

6.7.2. Efeito da deposição anual de nutrientes

É reconhecido que há, a longo prazo, um acúmulo de nutrientes na camada superior de solos sob florestas. Basicamente, o aumento é explicado pelo fato de que as raízes das árvores absorvem continuamente nutrientes das camadas profundas do solo e os depositam no piso florestal, através da lavagem das copas e da deposição de material orgânico. A seguir, os nutrientes depositados são incorporados ao solo.

Segundo PRITCHETT (1979, p. 196) a fertilização artificial aumenta a produtividade por seu efeito em si e pelo desencadeamento de processos que aumentam as taxas de circulação de nutrientes dentro do ecossistema. Isto ocorre também no processo de fertilização da camada superficial pela vegetação arbórea. Como exemplo, BAKER (1950, p. 180) relata que as grandes quantidades de Ca depositados por *Fagus* sp criam melhores condições à fixação de N por microrganismos.

O conceito de que as florestas concorrem para a melhoria dos solos provém principalmente da formação da camada superficial com concentrações elevadas de nutrientes, a qual é benéfica à instalação de culturas agrícolas. A formação da camada superior de acúmulo é função direta da deposição de nutrientes. Valores parciais de deposição de nutrientes em plantações florestais brasileiras são apresentados na Tabela 7. Na literatura consultada não há dados comparativos sobre cerrados.

Em geral, as plantações brasileiras de eucaliptos são aproveitadas em rotações curtas, dimensionadas em fun

ção da manutenção de taxas elevadas de crescimento. Como mencionado no item 6.6., esta prática tende a tornar máxima a exportação anual de nutrientes.

Configura-se, portanto, ao lado da contribuição de nutrientes à camada superior do solo, uma exportação potencialmente intensa de nutrientes pelos cortes, principalmente quando a madeira é retirada com casca. Este quadro concorda com METRO e DE BEAUCORPS (1958), que afirmam que uma plantação florestal pode, simultaneamente, contribuir para a formação de uma camada superficial rica em nutrientes e reter anualmente quantidades consideráveis de nutrientes na madeira exportável.

Embora o acúmulo superficial seja útil para compensar a evasão de nutrientes do ecossistema, OVINGTON (1968) adverte que retiradas intensas de madeira podem ocasionar um declínio de produtividade, pela incapacidade de o solo gerar quantidades equivalentes às dos nutrientes exportados. A quantificação periódica de nutrientes disponíveis no solo e na serapilheira permite uma avaliação da influência das plantações sobre as reservas químicas e previne a ocorrência de situações nutricionais críticas.

No estabelecimento de plantações de alta produtividade em cerrados há aplicação de calcário e fertilizantes, por ocasião do plantio. Mesmo assim, para eucaliptais em rotações curtas a fertilização pós-exploração parece ser uma necessidade para a manutenção de capacidade produtiva local, pois os solos de cerrados são pobres em nutrientes prontamente disponíveis e em minerais intemperizáveis. Com estas adições de nutrientes não há muito a temer quanto ao depauperamento das condições químicas do solo. Obviamente, devem ser realizados acompanhamentos periódicos - abrangendo também condições potencialmente desfavoráveis, como é o caso de plantações estabelecidas sem adição de nutrientes - para que sejam obtidos dados numéricos elucidativos.

6.8. Sugestões para investigações

Como fica evidenciado ao longo deste trabalho, há carência de conhecimentos sobre aspectos ecológicos de plantações florestais e de formações naturais. Esta situação impede a compreensão da dinâmica funcional dos ecossistemas e a avaliação de alterações decorrentes do estabelecimento de plantações. Em relação à deposição de material orgânico e de nutrientes, consideramos de caráter prioritário a obtenção de dados sobre:

- a. ciclo biológico de nutrientes em plantações florestais e em formações vegetais, especialmente no cerrado, abrangendo:
 - a.1. deposição anual de material orgânico (com amostragem adequada para as diversas frações envolvidas) e de nutrientes, incluindo lavagem foliar;
 - a.2. retenção anual de nutrientes na biomassa (discriminando madeira comercial, casca e copa, no caso de plantações);
 - a.3. quantificação de nutrientes do piso florestal e do solo; e
 - a.4. velocidade de decomposição do material orgânico caído;
- b. produtividade primária líquida em plantações florestais e em cerrados e outras formações vegetais;
- c. sistemas radiculares de espécies de *Pinus* e *Eucalyptus*; e
- d. fenologia de crescimento de espécies de *Pinus* e *Eucalyptus*.

7. CONCLUSÕES

Com base nos resultados e em sua discussão, pode-se concluir que:

a) em ambos os ecossistemas investigados, a amostragem por bandejas de $1m^2$ mostrou-se adequada apenas para a fração foliar;

b) a mensuração da deposição de ramos, caules, cascas e miscelânea requer a adoção de parcelas de amostragem adequadas para cada uma destas frações;

c) a variação estacional da deposição foliar foi diferente nos 2 ecossistemas: o período de máxima deposição ocorreu, aproximadamente, de agosto a novembro na mata, e de dezembro a fevereiro no eucaliptal;

d) considerando a sobreposição dos valores de média \pm desvio padrão da média, a deposição total anual de material orgânico e a deposição foliar foram maiores na mata;

e) em comparação com dados obtidos por amostragem com bandejas, a deposição anual de material orgânico do eucaliptal é considerada normal para sua latitude, enquanto a da mata é elevada, equiparando-se aos maiores valores de florestas tropicais úmida;

f) no eucaliptal o valor da relação entre depo

sição foliar anual e área basal foi de 231 kg/m^2 , próximo a valores encontrados em plantações de *Eucalyptus saligna* em Piracicaba, SP;

g) as concentrações de nutrientes nas frações do material orgânico depositado são consideravelmente maiores na mata que no eucaliptal;

h) as quantidades de nutrientes depositadas na mata são bastante superiores às depositadas no eucaliptal, e podem ser consideradas elevadas em termos mundiais; e

i) as concentrações de nutrientes do material decíduo e as quantidades de nutrientes depositadas no eucaliptal de Lençóis Paulista podem ser consideradas normais, quando comparadas com resultados determinados em outros ecossistemas de *Eucalyptus*.

8. SUMMARY

Brazil has an area of approximately 2.5-3 million hectares planted with fast-growing *Eucalyptus* and *Pinus* species and their annual expansion area is about 200-250 thousand hectares. Present knowledge on the ecological aspects of man-made and natural forests is insufficient to allow a precise evaluation of the dynamics of the ecosystems, or the risks and the benefits of man-made forests. A ^{nutrient cycle} comprehension of the biological nutrient cycle is considered as being an important inicial step towards understanding the ecosystems.

This paper deals with the litter fall and its nutrient content in two contiguous forest ecosystems at Lençóis Paulista in the State of São Paulo. The first is a natural mature riparian subtropical semideciduous forest, and the second is a 4 to 5 years old eucalypt plantation (60% *Eucalyptus saligna* Smith and 40% *E. grandis* Hill ex Maiden). The eucalypt plantation replaced the local natural vegetation, a cerrado (a like-savanna vegetation). The soil under the eucalypt plantation is sandy and not as rich as that under the natural forest which has a higher clay percentage. Litter was collected in 1m² traps for 15-16 months, divided into leaf, twigs and miscellaneous fractions and analyzed for N, P, K, Ca and Mg.

Sampling for litter collection showed to be ade

quate only when measuring leaf fall. Traps can be used to measure the miscellaneous fraction in similar natural forests, since modifications in the sampling technique are made. For mensuration of the bark and wood (including large branches and stems) fractions, sampling plots other than the traditional traps are suggested.

The annual means of litter fall and its nutrient content were:

Vegetation	Litter fall (Kg/ha)	Nutrients (Kg/ha)				
		N	P	K	Ca	Mg
Natural forest						
Total	10503	202,5	11,25	71,9	239,6	31,2
Leaf	6740	138,7	7,20	54,1	155,9	22,4
Eucalypt plantation						
Total	7568	39,7	2,89	11,1	34,8	15,5
Leaf	4687	32,5	2,29	9,5	24,5	11,7

Leaf fraction was the main fraction collected in the traps and it corresponded to about two thirds of the total litter fall in both ecosystems. The natural forest leaf fall increased in the normally dry season and the eucalypt plantation leaf fall increased in the wet and hot season.

Mean annual leaf fall and mean annual total litter fall were higher in the natural forest than in the eucalypt plantation. When compared to other data obtained by the litter trap method the values found for the local natural forest are considered high for the latitude and are closer to those values normally obtained for rainy tropical forests. If included in the same comparison the values found for the eucalypt plantation can be considered normal for the latitude. For the fast growing

eucalypt plantations in the State of São Paulo there seems to be a mean annual leaf fall and basal area ratio with value is about 230-260 kg/m².

The values for nutrient concentration and nutrient content of the natural forest litter fall are similar to the highest values found for other world ecosystems. The correspondent values for the eucalypt plantation are similar to those of other *Eucalyptus* ecosystems, and sharply lower than those values of the natural forest.

The litter fall and its nutrient deposition are only parts of the ecosystem dynamics. Without information on other related aspects, the litter fall and its nutrient content can not be correctelly understood neither be used for practical purposes. A set of requested and related subjects is given as a guide to establish further investigations.

9. LITERATURA CITADA

- AKAI, T. e T. FURONO, 1971. Amounts of litter fall and grazing (i.e. insect feeding) in young Loblolly Pine forest. *Bulletin of the kyoto University Forests*. Kyoto, (42): 83-95. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 33 (2): 226, 1972.
- ANDRADE, E. N. de, 1940. The eucalyptus in Brazil. *Journal of Heredity*. Baltimore, 12:215-220 e 240.
- ANDRADE, E. N. de, 1961. *O eucalipto*. 2a. ed. Jundiaí. Companhia Paulista de Estradas de Ferro. 679 p.
- ARAUJO, V. C. de, 1970. Fenologia de essências florestais Amazônicas I. *Boletim do INPA*. Manaus, (4): 1-25. (Série Pesquisas Florestais).
- ASHTON, D. H., 1975. Studies of litter in *Eucalyptus regnans* forests, *Australian Journal of Botany*. Melbourne, 23:413-433.
- ATTIWILL, P. M., 1966. The chemical composition of rainwater in relation to cycling of nutrients in mature *Eucalyptus* forests. *Plant and Soil*. Wageningen, 24 (3): 390-406.
- ATTIWILL, P. M., 1968. The loss of elements from decomposing litter. *Ecology*. Durham, 49 (1): 142-145.

- AUSSENAC, G., M. BONNEAU e F. Le TACON, 1972. Restitution of mineral elements to the soil, through the litter and through precipitation, in three forest stands of eastern France. *Oecologia Plantarum*. (Paris), 7 (1): 1-21. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 34 (2): 65, 1973.
- AUSTRALIA, 1967. Rates of litter fall in *Pinus* and *Eucalyptus* forests. In: *Report of the Forest and Timber Bureau, 1966*. (s.l.), (s. ed.), p. 29-30. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 29 (4): 582, 1968.
- BAKER, F. S., 1950. *Principles of silviculture*. Nova Iorque, McGraw-Hill Book Company, Inc. 414 p.
- BARROS, N. F. e R. M. BRANDI, 1975. Influência de três espécies florestais sobre a fertilidade de solo de pastagem em Viçosa, MG. *Brasil Florestal*. Rio de Janeiro, 6 (21): 24-29.
- BERNHARD-REVERSAT, F., 1967. Essai de comparaison des cycles d'éléments minéraux dans les plantations de Framiré (*Terminalia ivorensis*) et en forêt naturelle de Côte D'Ivoire. *Bois et Forêts des Tropiques*. Nogent Sur-Marne, (167): 25-38.
- BERUTTI, P., 1977. Importância do incentivo fiscal à política brasileira de reflorestamento. *Brasil Florestal*. Brasília, 8 (31): 30-34.
- BORMANN, H. F. e G. E. LIKENS, 1970. The nutrient cycles of an ecosystem. *Scientific American*. Nova Iorque, (233): 93-101.
- BRAY, J. R. e E. GHORAM, 1964. Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research*. Londres, 2:101-157.
- CARLISLE, A., A. H. F. BROWN e E. J. WHITE, 1966. The organic matter and nutrient elements in the precipitation beneath a

- sessile oak (*Quercus petraea*) canopy. *Journal of Ecology*. Oxford, 54 (1): 87-98.
- CARPANEZZI, A. A., 1975. Relatório de bolsista à Duraflora Silvicultura e Comércio Ltda. 127 p. (datilografado)
- CARVALHO, J. O. P. de, 1978. *Inventário diagnóstico da regeneração natural de uma área na Floresta Nacional do Tapajós*. Trabalho apresentado ao 3º Congresso Florestal Brasileiro, em Manaus. 27 p.
- CHRISTENSEN, O., 1975. Woody litter fall in relation to abscission, environmental factors, and the decomposition cycle in a Danish oak forest. *Oikos* (Copenhagen), 26 (2): 187-195. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 36 (6): 303, 1975.
- CLEMENTE, A. M. 1976. Potência Florestal. *Silvicultura*, São Paulo, 1 (3): 10.13.
- COILE, T. S. 1937. Composition of the leaf litter of forest trees. *Soil Science*. Baltimore, 43 (5): 349-355.
- CORNFORTH, I. S., 1970. Leaf-fall in a tropical rain forest. *Journal of Applied Ecology*. Oxford, 7 (3): 603-608.
- COZZO, D., 1971. La deposición de material orgánico durante 2 años en el suelo de un bosque de *Eucalyptus camaldulensis* de 8-9 años. *Revista Forestal Argentina*. Buenos Aires, 15 (1): 5-7.
- COZZO, D., 1972. Registro de la hojarasca caída en el suelo de una plantación joven de *Pinus canariensis*. *Revista Forestal Argentina*. Buenos Aires, 16 (3-4): 102-104.
- COZZO, D., 1974. La cantidad de materia orgánica depositada en el suelo por una plantación de *Robinia pseudoacacia*. *Revista Forestal Argentina*. Buenos Aires, 18 (3): 67-69.

- CURLIN, J. W., 1970. Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest utilization. In: YOUNGBERG, C.T. e C.B. DAVEY, Ed. *Tree Growth and Forest Soils*. Corvallis, Oregon State University Press, p. 313-325.
- DENAEYER-DE SMET, S., 1969. Studies on the forest ecosystem. Series B: The mixed calciphille oak forest of Virelles-Blaimont. Contribution No. 29. Contribution of mineral elements from precipitation, drip, and stem-flow (1965, 1966, 1967). *Bulletin. Societ e Royale de Botanique de Belgique*. (Bruxelas), 102 (2): 355-372. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 31 (3): 500, 1970.
- DENEY, D., 1975. The return of nutrient elements to the soil by leaf-fall in young Poplar plantations. *Gorsko Stopanstvo*. (S. 1), 31 (10): 13-17. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 37 (8): 448, 1976.
- DOMMERGUES, Y., 1963. Les cycles biogéochimiques des élements minéraux dans les formations tropicales. *Bois et Forêts des Tropiques*. Nogent Sur-Marne, (87): 9-25.
- DUVIGNEAUD, P., 1977. *A Sintere Ecol gica: popula es, comunidades, ecossistemas*. Lisboa, Socicultur. 19 vol. 168 p.
- DUVIGNEAUD, P. e S. DENAEYER-DE SMET. Biological cycling of minerals in temperate deciduous forests. In: REICHELE, D. E., Ed. *Analysis of Temperate Forest Ecosystems*. Nova Iorque, Springer-Verlag, p. 199-225.
- EATON, J. S., G. E. LIKENS e F. H. BORMANN, 1973. Troughfall and stemflow chemistry in a northern hardwood forest. *Journal of Ecology*. Oxford, 61 (2): 495-508.
- EDWARDS, P. J., 1977. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. *Journal of Ecology*. Oxford, 65 (3): 971-992.

- EGUNJOBI, J. K., 1974. Litter fall and mineralization in a Teak (*Tectona grandis*) stand. *Oikos*. Copenhagen, 25 (2): 222-226.
- EPSTEIN, E., 1975. *Nutrição Mineral das Plantas: princípios e perspectivas*. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. e Editora da Universidade de São Paulo. 341 p.
- EWEL, J. J., 1976. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in eastern Guatemala. *Journal of Ecology*. Oxford, 64 (1): 293-308.
- FACCHINI, J. A., 1970. Situação presente do abastecimento e consumo de madeira duras. *Silvicultura em São Paulo*. São Paulo, 7: 7-18.
- FERRI, M. G., 1964. Informações sobre a ecologia dos cerrados e sobre a possibilidade de seu aproveitamento. *Silvicultura em São Paulo*. São Paulo, 3: 43-60.
- FLORENCE, R. G. e D. LAMB, 1974. Influence of stand and site on radiata pine litter in South Australia. *New Zealand Journal of Forestry Science*. Rotorua, 4 (3): 502-510.
- FOSTER, N. W. 1974. Annual macroelement transfer from *Pinus banksiana* Lamb. to soil. *Canadian Journal of Forest Research*. Ottawa, 4 (4): 470-476.
- FOURNIER, L. A. e L. CAMACHO DE CASTRO, 1973. Producción y de composición del mantillo en un bosque secundario húmedo de premontano. *Revista de Biología Tropical*. San José, 21 (1): 59-67.
- FURONO, T. e K. YAMADA, 1975. Investigations on the productivity of japanese Fir (*Abies firma* Sib. et Zucc) and Hemlock (*Tsuga sieboldii*) stands in Kyoto University Forest in Wakayama. (III) Seasonal variation of litter fall and primary consumption by herbivorous insects in the mixed fir and hemlock

stand. *Bulletin of the Kyoto University Forests*. Kyoto, (46): 7-22. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 36 (10): 534, 1975.

GESSEL, S. P. e J. TURNER, 1974. Litter production by red alder (*Alnus rubra*) in Western Washington. *Forest Science*, 20 (4): 325-330.

GOLFARI, L., 1967. Coníferas aptas para repoblaciones forestales em el Estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo*. São Paulo, 6: 7-62.

GOLLEY, F. B., J. I. MC GINNIS, R. G. CLEMENTS, G. I. CHILD e M. J. DUEVER, 1975. *Mineral Cycling in a Tropical Moist Forest Ecosystem*. Athens, University of Georgia Press. 248 p.

GOLFARI, L., R. L. CASER e V. P. G. MOURA, 1978. *Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil (2a. Aproximação)*. Brasília, PRODEPEF. 66 p. (Série Técnica, 11).

GOODLAND, R., 1979a. História dos trabalhos do cerrado até 1968. In: GOODLAND, R. e M. G. FERRI. *Ecologia do cerrado*. Belo Horizonte, Livraria Itatiaia Editora Ltda. e Editora da Universidade de São Paulo, p. 13-20.

GOODLAND, R., 1979b. Análise ecológica da vegetação do cerrado. In: GOODLAND, R. e M. FERRI. *Ecologia do Cerrado*. Belo Horizonte, Livraria Itatiaia Editora Ltda e Editora da Universidade de São Paulo, p. 61-161.

GOSZ, J., G. E. LIKENS e F. H. BORMANN, 1972. Nutrient content of litter fall on the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. *Ecology*. Durham, 53 (5): 769-784.

GRUBB, P. J., 1977. Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains: With special reference to mineral nutrition. *Annual Review of Ecology and Systematics*. Palo

Alto, 8: 83-108.

- GRUNERT, F., 1964. The biological nutrient cycle in mixed Scots Pine/Beech, and in Scots Pine stands. *Albrecht-Thaer Archiv*. Berlim, 8 (6-7): 435-452. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 27 (1): 36, 1966.
- HAAG, H. P., J. R. SARRUEE, G. D. de OLIVEIRA, F. POGGIANI e C. A. FERREIRA, 1976. Análise foliar em cinco espécies de eucaliptos. *IPEF*. Piracicaba, (13): 99-115.
- HEILMAN, P. E., 1961. Effect of nitrogen fertilization on the growth and nitrogen nutrition of low-site Douglas-fir stands. *Dissertation Abstracts*. (S.1.), 22 (5): 1336. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 23 (3): 421, 1962.
- HENDERSON, G. S., W. F. HARRIS, D. E. TODD, JR e T. GRIZZARD, 1977. Quantity and chemistry of throughfall as influenced by forest-type and season. *Journal of Ecology*. Oxford, 65 (2): 365-374.
- HOMEM, V. P., 1959. A cultura do eucalipto. Sua importância no melhoramento dos solos. *Anuário Brasileiro de Economia Florestal*. Rio de Janeiro, 11: 146-154.
- HOPKINS, B., 1966. Vegetation of the Olokemeji Forest Reserve, Nigeria. IV. The litter and soil with special reference to their seasonal changes. *Journal of Ecology*. Oxford, 54: 687-704.
- HUECK, K., 1972. *As florestas da América do Sul*. São Paulo, Editora Polígono e Editora da Universidade de Brasília. 466 p.
- HURD, R. M., 1971. Annual tree-litter production by successional forest stands, Juneau, Alasca. *Ecology*. Durham, 52 (5): 881-884.
- JOHNSON, F. L. e P. G. RISSER, 1974. Biomass, annual net primary

ry production, and dynamics of six mineral elements in a post oak-blackjack oak forest. *Ecology*. Durham, 55 (6): 1246-1258.

JOHNSTON, R. S. e D. L. BARTOS, 1977. *Summary of nutrient and biomass data from two aspen sites in Western United States*. Ogden, USDA Forest Service. 15p. (Research Note INT-227).

JORGENSEN, J. R., C. J. WELLS e L.J. METZ, 1975. The nutrient cycle: key to continuous forest production. *Journal of Forestry*. Washington, D. C., 73 (7): 400-403.

KAWAHARA, T. e T. TSUTSUMI, 1971. The return of nutrients with litter-fall in the forest ecosystem (I). Seasonal variation of nutrient concentration. *Bulletin of the Kyoto University Forests*. Kyoto, (42): 96-102. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 33 (a): 226, 1972.

KLINGE, H. e W. A. RODRIGUES, 1968a. Litter production in an area of amazonian terra firme forest. Part I. Litter-fall, organic carbon and total nitrogen contents of litter. *Amazoniana*. Kiel, 1 (4): 278-302-

KLINGE, H. e W. A. RODRIGUES, 1968b. Litter production in an area of amazonian terra firme forest. Part II. Mineral nutrient content of the litter. *Amazoniana*. Kiel. 1 (4): 303-310.

KRAMER, P. J. e T. KOSLOWSKI, 1972. *Fisiologia das Árvores*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian. 745p.

LAMB, D. e R. G. FLORENCE, 1975. Influence of soil type on the nitrogen and phosphorus content of radiata pine litter. *New Zealand Journal of Forestry Science*. Rotorua, 5 (2):143-151.

LANG, G. E., 1974. Litter dynamics in a mixed oak forest on the New Jersey Piedmont. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. Nova Iorque, 101 (5): 277-286.

- LESLIE, A., 1977. Where contradictory theory and practice coexist. *Unasylva*. Roma, 29 (115): 2-17.
- LIMA, W.P., 1975. Efeito de plantações de *Eucalyptus* e *Pinus* sobre a qualidade da água da chuva. *IPEF*. Piracicaba, (11): 23-35.
- LUBRANO, L., 1967. Research on the nutrient-demand of some species of *Eucalyptus*. In: FAO. *World Symposium on Man-made Forests and their Industrial Importance at Camberra. Section II. Silviculture*. Roma, p. 1801-1826.
- MADGE, D.S., 1965. Leaf fall and litter disappearance in a tropical forest. *Pedobiologia*. Jena, 5 (4): 273-288. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 28 (1): 26, 1967.
- MAHEUT, J. e Y. DOMMERGUES, 1960. Les Teckeraies de Casamance. Capacité de production des peuplements, caractéristiques biologiques et maintien du potentiel productif des sols. *Bois et Forêts del Tropiques*. Nogent Sur-Marne, (70): 25-42.
- MAKI, T.E., 1961. Some effects of fertilizers on Loblolly Pine. In: *Transactions of the 7th International Congress on Soil Science at Madison*. (S. 1.), (S.ed.).3: 363-376. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 23 (4): 609, 1962.
- MALAISSÉ, F., R. FRESON, G. GOFFINET e M. MALAISSÉ-MOUSSET, 1975. Litter fall and litter breakdown in miombo. In: GOLLEY, F. B. e E. MEDINA. Ed. *Tropical Ecological Systems: Trends in Terrestrial and Aquatic Research*. Nova Iorque, Springer-Verlag, p. 137-152.
- Mc COLL, J.G., 1966. Acession and decomposition of litter in spotted gum forests. *Australian Forestry*. Melbourne, 30(3): 191-198.
- Mc COLL, J. G., 1969. Soil-plant relationships in a *Eucalyptus*

forest the south coast of New South Wales. *Ecology*, Durham, 50 (3): 354-362.

- MEDWECKA-KORNAS, A., 1971. Plant litter. In: PHILLIPSON, J., Ed. *Methods of Study in Quantitative Soil Ecology: population, production and energy flow*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, p. 24-33 (IBP Handbook No. 18).
- MEGURO, M., 1973. *Ecologia Vegetal*. São Paulo, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. 95 p. (mimeografado).
- METRO, A. E e A. G. de BEUACORPS, 1958. Influência dos povoamentos de eucaliptos sobre a evolução dos solos arenosos do Rharb. *Fertilité*. Paris, (4): 3-13.
- MILLER, H. G., J. M. COOPER e J. D. MILLER, 1976a. Effect of nitrogen supply on nutrients in litter fall and crown leaching in a stand of Corsicam Pine. *Journal of Applied Ecology*. Oxford, 13 (1): 233-248.
- MILLER, R. E., D. P. LAVENDER e C. C. GRIER, 1976b. Nutrient Cycling in the Douglas-fir type - Silvicultural implications. In: SOCIETY OF AMERICAN FORESTERS. *Proceedings, 1975 Annual Convention*. (S. l.), p. 359-390.
- MORRISON, J. K., 1973. Distribution of elements in aerial components of several natural Jack pine stands in northern Ontario. *Canadian Journal of Forest Research*. Ottawa, 3 (2): 170-179.
- NYE, P. H., 1961. Organic matter and nutrient cycles under moist tropical forest. *Plant and Soil*. Wageningen, 13 (4): 333-346.
- NYKVIST, N., 1969. Is forest soil being impoverished (by various logging methods)? *Skogsagarem*. (S. l.), 44 (8): 14-15. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 30 (1): 80, 1969.

- ODUM, E.P., 1975. *Ecologia*. 2a. ed. São Paulo, Livraria Pioneira Editora e Instituto Nacional do Livro. 201 p.
- OVINGTON, J.D., 1962. Quantitative ecology and the woodland ecosystem concept. *Advances in Ecological Research*. Londres, 1: 103-192.
- OVINGTON, J.D., 1968. Some factors affecting nutrient distribution. In: ECKARDT, F. E., Ed. *Functioning of terrestrial ecosystems at the primary production level. Proceedings of the Copenhagen Symposium*. (S. 1), UNESCO, 95-105.
- PATRICK, J. H., e D. W. SMITH, 1975. *Forest management and nutrient cycling in eastern hardwoods*. (S. 1.), USDA Forest Service. 12 p. (Research Paper NE - 324).
- PHILLIPSON, J., R. J. PUTMAN, J. STEEL e S. R. J. WOODDEL, 1975. Litter input, litter decomposition and the evolution of carbon dioxide in a beech woodland-Wytham Woods, Oxford. *Oecologia*. Berlim, 20: 203-217.
- POGGIANI, F., 1976. Ciclo de nutrientes e produtividade da floresta implantada. *Silvicultura*. São Paulo, 1 (3): 45-48.
- POGGIANI, F., 1978. *Adaptação ecológica, crescimento e desenvolvimento dos pinheiros tropicais*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Departamento de Recursos Naturais Renováveis. 10 p.
- POLI, E., S. LEONARDI e S. BELA, 1974. Litter production in the *Quercus ilex* forest on Mount Minardo (Etna) from Sept. 1970 to June 1974. *Archivio Botanico*. (S. 1.), 50: 87-107. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 37 (9): 504, 1976.
- PRITCHETT, W. L., 1979. *Properties and management of forest soils*. Nova Iorque, John Wiley and Sons. 500 p.
- REINERS, W. A., 1972. Nutrient contents of canopy troughfall

- in three Minnesota forests. *Oikos*. (Copenhagen), 23 (1): 14-22. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 35 (5): 210, 1974.
- REUKEMA, D. L., 1964. *Litter fall in a young Douglas-fir stand* (S. 1.), USDA Forest Service. 8 p. (Research Note PNW-14). Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 26 (2): 191, 1965.
- RIZZINI, C. T., 1979. *Tratado de Fitogeografia do Brasil*. São Paulo, Editora de Humanismo, Ciência e Tecnologia HUCITEC Ltda e Editora da Universidade de São Paulo. 29 vol. 374 p.
- RIZZO, J. A., A. J. CENTENO, J. S. LOUSA e T. S. FILGUEIRAS, 1971. Levantamento de dados em áreas de cerrado e da floresta caducifólia tropical do planalto centro-oeste. In: FERRI, M. G., Coord. *III Simpósio sobre o Cerrado*. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda e Editora da Universidade de Brasília. p. 103-109.
- ROMARIZ, D. de A., 1974. *Aspectos da Vegetação do Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE. 60 p.
- SAIDO, H. e T. SHIDEI, 1972. Studies on estimation of leaf fall under model canopy. *Bulletin of the Kyoto University Forests*. (Kyoto), (43): 162-185. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 34 (10): 509, 1973.
- SAMRAJ, P., S. CHINNAMANI e B. HALDORAI, 1977. Natural versus man-made forest in Nilgiris with special reference to runoff, soil loss and productivity. *Indian Forester*. Calcutá. 103 (7): 460-5.
- SARRUGE, J. R. e H. P. HAAG. 1974. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba, Departamento de Química da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 56 p.
- SAUVAGEOT, A., 1973. Research on the mineral nutrition of *Pinus pinaster* in the forest of Mamora. *Annales de la Recherche*

- Forestiène au Maroc*. (Rabat), 13: 3-62. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford. 35 (12): 733, 1974.
- SETH, S. K., O. N. KAUL e A. C. GUPTA, 1963. Some observations on nutrition cycle and return of nutrients in plantations at New Forest. *Indian Forester*. Calcutā, 89: 90-98.
- SETZER, J., 1966. *Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo*. São Paulo, Comissão Interestadual da Bacia Paraná - Urugui e Centrais Elétricas do Estado de São Paulo. 61 p.
- SMITH, W. H., 1976. Character and significance of tree root exsudates. *Ecology*. Durham, 57 (2): 324-331.
- SPECHT, R. L. e Y. M. BROUWER, 1975. Seasonal shoot growth of *Eucalyptus spp* in the Brisbane area of Queensland (with notes on shoot growth and litter fall in other areas of Australia). *Australian Journal of Botany*. Melbourne, 23: 459-474.
- SPURR, S. H. e V. B. BURTON, 1973. *Forest Ecology*. 2a. ed. Nova Iorque, The Ronald Press Company. 571 p.
- STARK, N., 1971. Nutrient cycling II: Nutrient distribution in Amazonian vegetation. *Tropical Ecology*. Varanasi, 12 (2): 177-201.
- STREET, H. E e H. ÖPIK, 1974. *Fisiologia das angiospermas: crescimento e desenvolvimento*. São Paulo, Editora Polígno e Editora da Universidade de São Paulo. 315 p.
- SVIRIDOVA, I. K., 1960. Role of tending operations (thinnings) in increasing the fertility of forest soils. *Pocvoved* (S. l.), (4): 68-73. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 21 (4): 586, 1960.
- SYKES, J. M. e R. G. H. BUNCE, 1970. Fluctuations in litter

- fall in a mixed deciduous woodland over a three-year period in 1966-68. *Oikos*. (Copenhagen), 21 (2): 326-329. Apud: *Forestry Abstracts*, 32 (4): 642. 1971.
- TADAKI, Y. e T. KAGAMA, 1968. Studies on the production structure of forest. XIII. Seasonal changes of litter-fall in some evergreen stands. *Journal of the Japanese Forestry Society*. (S. 1.), 50 (1): 7-13. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 29 (4): 582, 1968.
- TAPPEINER, J. C. e A. A. ALM, 1972. Effect of Hazel on the nutrient composition of annual litter and forest floor in Jack and Red Pine Stands. *Minnesota Forestry Research Notes*. (S.1), (235): 1-4. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 35 (4): 139, 1972.
- TARRANT, R. F. *et alii*, 1968. *Nutrient cycling by through fall and stemflow precipitation in three coastal Oregon forest types*. (S.1.), USDA Forest Service. 7 p. (Research Note PNW-54). Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 30 (3): 436, 1969.
- TURNER, J., D. W. COLE e S. P. GESSEL, 1976. Mineral nutrient accumulation and cycling in a stand of red alder (*Alnus rubra*). *Journal of Ecology*. Oxford, 64 (3): 965-974.
- WARMING, E., 1973. *Lagoa Santa*. In: WARMING, E. *Lagoa Santa* e FERRI, M. G. *A Vegetação de Cerrados Brasileiros*. Belo Horizonte, Livraria Itatiaia Editora Limitada e Editora da Universidade de São Paulo, p. 1-284.
- WEBB, I. J., J. G. TRACEY, W. T. WILLIAMS e G. N. LANCE, 1969. The pattern of mineral return in leaf litter of these subtropical Australian forests. *Australian Forestry*. Melbourne, 33: 99-110.
- WELLS, C., D. WIGHAM e H. LIETH, 1972. Investigations of mineral nutrient cycling in upland Piedmont forest. *Journal of*

the Elisha Mitchell Scientific Society. (Chapel Hill), 88 (2): 66-78. Apud: *Forestry Abstracts*, Oxford, 35 (4): 139, 1974.

WILL, G. M., 1959. Nutrient return in litter and rainfall under some exotic conifer stands in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. (S. 1.), 2 (4): 719-734.

YOUNG, H. E., 1971. Preliminary estimates of bark percentages and chemical elements of complete trees of eight species in Maine. *Forest Products Journal*. Madison, 21 (5): 56-59-

ZAVITKOVSKI, J. e M. NEWTON, 1971. Litter fall and litter accumulation in red alder stands in western Oregon. *Plant and Soil*. Wageningen, 35: 257-268.