

**MARIA CAROLINA GUARINELLO DE OLIVEIRA PORTES**

**DEPOSIÇÃO DE SERAPILHEIRA E DECOMPOSIÇÃO FOLIAR EM FLORESTA  
OMBRÓFILA DENSA ALTOMONTANA,  
MORRO DO ANHANGAVA, SERRA DA BAITACA, QUATRO BARRAS - PR**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do grau e do título de "Mestre em Ciências Florestais" na área de concentração em Conservação da Natureza.

Orientador: Dr. Franklin Galvão

**CURITIBA  
2000**

À memória da minha querida vizinha IVETTE que sempre acreditou no melhor das pessoas e à minha super mãe IVETTE, presente em todos os momentos da minha vida.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho contou com a colaboração e paciência de muitas pessoas, cuja ajuda e amizade o tornaram possível. Apesar da certeza de não estar agradecendo a todos, gostaria de agradecer especialmente:

- Ao meu orientador e pai do coração FRANKLIN GALVÃO, que teve toda a paciência do mundo comigo. Por toda a sua orientação durante minha vida acadêmica.
- Ao Eng. Florestal ALEXANDRE KOEHLER, pela importância na minha vida e neste trabalho. Sem a sua participação em todas as etapas deste projeto, desde a instalação até a elaboração final, sua realização seria impossível.
- Ao meu co-orientador MARCOS FERNANDO GLÜCK RACHWAL e ao pedólogo e amigo GUSTAVO RIBAS CURCIO, EMBRAPA/Florestas, pela ajuda e orientação no campo e pelas várias correções na redação, pela amizade.
- Aos meus co-orientadores CELINA WISNIEWSKI, pela orientação em campo, em laboratório e pela contribuição na redação, e UMBERTO KLOCK, pela orientação na análise dos compostos orgânicos.
- Ao professor CARLOS VELLOZO RODERJAN, pela seu pioneirismo em estudar as florestas altomontanas no Paraná, pela identificação das espécies e pelos perfis maravilhosos.
- À professora e grande amiga YOSHIKO SAITO KUNIYOSHI, que me serviu de exemplo muitas vezes.
- Ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal da UFPR e ao CNPq/CAPES que financiaram este projeto.
- Aos laboratoristas REGINA e ALDAIR do Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, RUI do Laboratório de Química e de Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e DIONEIA do Laboratório de Química da Madeira, que ajudaram nas análises químicas do material.
- À EMBRAPA/Florestas, pela análise do carbono dos solos.
- Ao Eng. Florestal MÁRIO GRASSI que integrou este projeto, ajudando no campo, no laboratório e na elaboração deste trabalho.

- Aos amigos e Eng. Florestais DUBOIS, SANDRO, FLÁVIO, MAGRÃO, PIRA, JOÃO, GILSON, CAROL e LIZ, pela ajuda nos trabalhos de campo.
- Aos botânicos GERDT HATSCHBACH e MARCOS SOBRAL, pela identificação das espécies.
- Aos Eng. Agrônomos EDILSON BATISTA DE OLIVEIRA e IZABEL pela ajuda na parte estatística.
- Aos colegas de pós-graduação que sempre me incentivaram, CICE, IVAN, MARIA REGINA, LEOCÁDIO, EMÍLIO, RENATA, GIBA, GUTO, ANDRÉ, BRITZ, CLÁUDIA e LOURDES e às amigas MARGIT e CRIS da Pós-graduação em Solos.
- Aos amigos FIRKOWSKI e ANDRÉA pelo incentivo e amizade.
- A toda minha família pelo apoio, principalmente a minha mãe IVETTE, e a minhas irmãs ROBERTA e LUCIANA.
- A todas as pessoas que incentivaram e cobraram a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>LISTA DE TABELAS</b>	vii
	<b>LISTA DE FIGURAS</b>	x
	<b>RESUMO</b>	xi
	<b>ABSTRACT</b>	xii
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	1
	Objetivos	3
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	4
2.1	AMBIENTE ALTOMONTANO	4
2.1.1	Aspectos climáticos	5
2.1.2	Aspectos pedológicos	6
2.1.3	Aspectos vegetacionais	7
2.2	CICLAGEM DE NUTRIENTES	10
2.2.1	Deposição de serapilheira	12
2.2.2	Decomposição de serapilheira	15
2.2.3	Ciclagem de nutrientes em florestas altomontanas	19
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	24
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	24
3.2	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	26
3.2.1	Caracterização e classificação dos solos	28
3.2.2	Levantamento fitossociológico	29
3.2.3	Deposição de serapilheira	30
3.2.4	Decomposição foliar	33
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	37
4.1	SOLOS	37
4.2	LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO	42
4.3	PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA	49
4.3.1	Deposição de serapilheira	49

4.3.2	Sazonalidade	51
4.3.3	Deposição de nutrientes	59
4.4	DECOMPOSIÇÃO FOLIAR	64
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>70</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>72</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>82</b>

## LISTA DE TABELAS

1	Classificação dos solos nas parcelas.	38
2	Descrição morfológica dos solos e declividade das parcelas.	38
3	Caracterização química dos solos.	41
4	Composição florística arbórea da Floresta Ombrófila Densa Altomontana e número de indivíduos por espécie.	42
5	Número de indivíduos, de espécies e porcentagem de espécies por família botânica na Floresta Ombrófila Densa Altomontana.	43
6	Densidade, dominância e frequência (absoluta e relativa) e valor de importância (VI) das espécies arbóreas encontradas na Floresta Ombrófila Densa Altomontana.	45
7	Distribuição das classes de altura e de diâmetro das espécies arbóreas encontradas na Floresta Ombrófila Densa Altomontana.	46
8	Estrutura e diversidade de florestas tropicais, em especial, das altomontanas.	48
9	Produção média anual e mensal de serapilheira por fração, em kg/ha.	50
10	Teste de comparação de médias para a fração folha entre os anos de 1995 e 1996.	56
11	Teste de comparação de médias para a fração folha de <i>Ilex microdonta</i> entre os anos de 1995 e 1996.	56
12	Teste de comparação de médias para a fração flor entre os anos de 1995 e 1996.	56
13	Teste de comparação de médias para a fração fruto entre os anos de 1995 e 1996.	57
14	Teste de comparação de médias para a fração ramo entre os anos de 1995 e 1996.	57
15	Teste de comparação de médias para a fração casca entre os anos de 1995 e 1996.	57

16	Teste de comparação de médias para a fração epífita entre os anos de 1995 e 1996.	58
17	Teste de comparação de médias para a fração miscelânea entre os anos de 1995 e 1996.	58
18	Teste de comparação de médias para a serapilheira total entre os anos de 1995 e 1996.	58
19	Concentração média anual de macronutrientes por fração de serapilheira (em g/kg).	59
20	Estimativa, em kg/ha/ano, da deposição média anual de macronutrientes pela serapilheira para cada fração e porcentagem em relação ao total.	60
21	Concentração (g/kg) e quantidade de nitrogênio depositada (kg/ha) por cada fração ao longo das estações do ano. Início na primavera de 1994 e término no verão de 1997.	61
22	Concentração (g/kg) e quantidade de fósforo depositada (kg/ha) por cada fração ao longo das estações do ano. Início na primavera de 1994 e término no verão de 1997.	61
23	Concentração (g/kg) e quantidade de potássio depositada (kg/ha) por cada fração ao longo das estações do ano. Início na primavera de 1994 e término no verão de 1997.	62
24	Concentração (g/kg) e quantidade de cálcio depositada (kg/ha) por cada fração ao longo das estações do ano. Início na primavera de 1994 e término no verão de 1997.	62
25	Concentração (g/kg) e quantidade de magnésio depositada (kg/ha) por cada fração ao longo das estações do ano. Início na primavera de 1994 e término no verão de 1997.	62
26	Concentração (g/kg) de carbono por cada fração ao longo das estações do ano. Início na primavera de 1994 e término no verão de 1997.	63
27	Relação carbono / nitrogênio por cada fração ao longo das estações do ano. Início na primavera de 1994 e término no verão de 1997.	63



28	Valores médios de biomassa foliar (em g) em cada período de coleta.	65
29	Coeficiente de decomposição $k'$ e $k$ para um ano de observação.	66
30	Estimativa do tempo médio para decomposição de 50, 95 e 99% do material foliar.	66
31	Composição química (macronutrientes, carbono e compostos orgânicos) das folhas em fase de abscisão das espécies selecionadas e da fração foliar da serapilheira.	68

## LISTA DE FIGURAS

1	Localização da área de estudo.	24
2	Vista geral do morro do Anhangava.	26
3	Representação da distribuição das parcelas, dos coletores de serapilheira e das coletas de solo.	27
4	Coletor de serapilheira.	31
5	Distribuição dos solos no transecto.	40
6	Perfil esquemático da floresta altomontana.	44
7	Distribuição das classes diamétricas dos indivíduos amostrados.	47
8	Distribuição das classes altimétricas dos indivíduos amostrados.	47
9	Aspecto interno da floresta altomontana no morro do Anhangava.	49
10	Deposição mensal da serapilheira total de outubro de 1994 a março de 1997.	52
11	Deposição mensal de folhas de outubro de 1994 a março de 1997.	52
12	Deposição mensal de flores e botões de outubro de 1994 a março de 1997.	52
13	Deposição mensal de frutos e sementes de outubro de 1994 a março de 1997.	52
14	Deposição mensal de ramos e galhos de outubro de 1994 a março de 1997.	53
15	Deposição mensal de cascas de outubro de 1994 a março de 1997.	53
16	Deposição mensal de epífitas de outubro de 1994 a março de 1997.	53
17	Deposição mensal de miscelânea de outubro de 1994 a março de 1997.	53
18	Histograma de temperatura (°C) e precipitação (mm) no morro do Anhangava a 1.350 m de altitude, de outubro de 1994 a março de 1997.	54
19	Biomassa foliar média remanescente em cada período de coleta (em porcentagem da biomassa inicial) e respectivos desvios padrões.	64

## Deposição de serapilheira e decomposição foliar em Floresta Ombrófila Densa Altomontana, morro do Anhangava, Quatro Barras - PR

### RESUMO

Este trabalho foi realizado em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana, na face sudoeste do morro do Anhangava (25°23'S e 49°00'W), município de Quatro Barras-PR, entre 1.250 – 1.350 m de altitude. Teve como objetivo a avaliação da ciclagem de nutrientes no ambiente altomontano, estudando-se a deposição de serapilheira e a decomposição do material foliar. Como subsídio para o entendimento do processo de ciclagem, avaliou-se também os solos, a composição florística e a estrutura da comunidade. Os solos foram coletados por meio de tradagens a cada 10 metros, entre as linhas dos coletores de serapilheira, e submetidos às análises de rotina. O levantamento fitossociológico foi realizado por meio de dois transectos locados sobre as linhas dos coletores, compostos cada um por 10 parcelas de 5 x 10 m, onde mediu-se todos os indivíduos com PAP igual ou superior a 10 cm. A produção de serapilheira foi verificada durante dois anos e meio, utilizando-se 20 coletores de 50 cm de diâmetro cada, totalizando 3,927 m<sup>2</sup> de área amostral. O material coletado mensalmente foi separado em frações, determinada a sua biomassa e submetido às análises dos macronutrientes. Com os dados obtidos no levantamento fitossociológico, selecionou-se as 5 espécies arbóreas mais representativas da comunidade, das quais avaliou-se, separadamente, a taxa de decomposição das folhas durante um ano, utilizando-se "litter bags". O mesmo procedimento também foi realizado com a fração foliar da serapilheira. A área é composta por solos rasos com grande quantidade de matéria orgânica, classificados como NEOSSOLOS LÍTÓLICOS Hísticos e Húmicos, com pH ácido, baixa saturação por bases e com alto teor de alumínio trocável. A floresta apresentou alta densidade, 4.830 ind./ha, baixo porte, composta por apenas um estrato arbóreo com, no máximo, 8 m de altura. Encontrou-se baixa diversidade, 24 espécies pertencentes a 13 famílias, com dominância de uma ou poucas espécies. Myrtaceae foi a família mais representativa, contudo uma Aquifoliaceae - *Ilex microdonta* Reissek - apresentou o maior índice de dominância, 46,15%. A produção média de serapilheira foi de 4,5 ton./ha/ano, sendo que a fração folha representou 62%, dos quais 42% eram folhas de *I. microdonta*, a fração ramo contribuiu com 25% e a fração epífita com 4%. Os maiores valores de deposição ocorreram no final do período mais frio e mais seco, início da primavera, de outubro a novembro, e a produção foi menor nos meses de maio a julho, começo do inverno. A serapilheira contribuiu, em kg/ha/ano, com 57 de N, 3,2 de P, 13,7 de K, 57,9 de Ca e 9,8 de Mg. *I. microdonta* também foi a espécie com maior taxa de decomposição, única com coeficiente de decomposição maior que um e com a menor concentração de lignina. Apesar de pequenas variações, todas as espécies estudadas na decomposição apresentaram baixa concentração de N e alta relação C/N.

**palavras-chave:** deposição serapilheira, decomposição foliar, floresta altomontana.

**Litterfall and leaf decomposition at Upper Montane Rain Forest, Anhangava mountain, Quatro Barras - PR**

**ABSTRACT**

Litterfall and leaf decomposition was estimated at an Upper Montane Rain Forest, in the Southwest face of the Anhangava mountain (25°23'S and 49°00'W), at Quatro Barras, Paraná, among 1.250 - 1.350 m of altitude. As a subsidy for a better understanding of these fluxes in the nutrient cycling process, the soils, species composition and forest structure were also studied. Ten soils samples were collected every 10 meters along a transect and submitted to chemical and physical analysis. Species composition and forest structure were determined through a survey of twenty plots (5 x 10 m each) allocated on both sides of the transect where all trees 10 cm or higher in girth at breast height (GBH) were measured and identified. Litter production was estimated during two and a half years, by collecting fallen material monthly in twenty collectors 50 cm in diameter each, amounting 3,927 m<sup>2</sup>, placed one in each experimental plot. The material was separated into seven fractions, oven dried and submitted to chemical analysis to determine macronutrients concentration. Decomposition rates of senescent leaves of five representative species and leaf-litter were estimated using the litter bags method. The soils of the transect were classified as organic soils and litolic soils, shallow of low pH and bases saturation and high aluminum content. The forest community showed high density (4.830 n/ha), low height (< 8 m) and it is composed of just one story. Only 24 species of 13 families were found denoting low diversity. From these 24 species only a few dominated the community. Myrtaceae was the more representative family, however *Ilex microdonta* Reissek an Aquifoliaceae presented the higher dominance index (46,15%). The average annual litterfall amounted to 4,5 ton/ha/year, with leaves representing 62%, branches 25% and epiphyte fraction 4% of the total weight. 42% of the fallen leaves were from *I. microdonta*. Higher litterfall occurred in the beginning of the Spring, from October to November and lower litterfall was measured in the beginning of the Winter, from May to July. With the fallen litter was estimated 57 kg/ha/year of N, 3,2 of P, 13,7 of K, 57,9 of Ca and 9,8 of Mg returned to the forest floor. *I. microdonta* was the specie with higher decomposition rate and lower lignin content. In spite of small variations, all species had low N content and high C/N ratio.

**key-words:** litterfall, leaf decomposition, Upper Montane Rain Forest.

## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças nas condicionantes ambientais com a altitude, expressas por modificações climáticas, pedológicas e geomorfológicas, determinam importantes diferenças vegetacionais. Nas regiões altas das serras, estas condições se tornam únicas e rigorosas para o desenvolvimento da vegetação, fazendo com que as formações florestais que aí ocorrem, adquiram estrutura, fisionomia e composição florística bastante diversas das localizadas em pisos altitudinais inferiores.

Essas formações, denominadas de altomontanas, ocorrem em uma estreita faixa altitudinal, onde há um aumento considerável da precipitação e uma diminuição da temperatura, além da exposição a fortes e freqüentes ventos. A presença de nuvens envolvendo a vegetação é uma das características marcantes, resultando em uma alta umidade relativa do ar e na redução da radiação solar.

Devido ao processo de desenvolvimento do solo ser influenciado diretamente pelo material de origem, pela vegetação que cresce sobre ele e pelo clima ao qual é exposto, além do relevo acentuado também ser determinante em função da drenagem e da erosão, os solos nestes locais são pouco desenvolvidos, com marcante presença de matéria orgânica.

Como conseqüência, a vegetação é composta por um reduzido número de espécies, com algumas dominantes, sendo o endemismo uma característica bastante comum. Também diminui a altura das árvores, formando apenas um estrato arbóreo, composto por uma vegetação densa de folhas pequenas e esclerófilas, com troncos e galhos bastante tortuosos recobertos de epífitas, principalmente musgos, líquens, orquídeas e bromélias.

No livro de WARREN DEAN (1996), *A ferro e fogo. A história e a devastação da Mata Atlântica Brasileira*, há um trecho em que o autor descreve a sua visão da floresta altomontana:

*“À medida que a floresta sobe o paredão litorâneo, torna-se visivelmente menos luxuriante. Ali o solo é bem mais fino e os sopés propiciam acesso mais fácil à luz do sol e, conseqüentemente, menos competição. Dessa forma, as árvores são menores, seus troncos mais finos e, nos sopés mais escarpados, um ou dois dos sub-bosques estão ausentes. Acima dessa formação montana um tanto distinta, ao longo da paliçada costeira, nos poucos locais onde a ressurgência dos ventos terrais era constante e abrupta, formou-se o que foi chamado de “floresta de nuvens”. Nos solos encharcados, finos e ácidos dessas cristas, as árvores são anãs e seus galhos nodosos carregados com uma profusão de orquídeas e bromélias que retiram sustento das próprias névoas úmidas cheias de nutrientes. Musgos, líquens e hepáticas são ainda mais favorecidos - revestem os galhos e troncos de um verde-esmeralda. O efeito - a cintilação das gotículas de orvalho e a imersão em névoa - é totalmente extraterrestre...”*

O que, entretanto, confere às florestas altomontanas tão elevado valor, é que, além de reduzirem substancialmente a erosão que ocorreria nestes locais muito íngremes com a ausência da vegetação, capturam ou retiram água das nuvens, e isto, juntamente com a baixa evapotranspiração, faz com que adicionem água ao sistema hidrológico (HAMILTON *et al.*, 1994).

Nestes locais montanhosos, onde existe movimento de água descendente, as substâncias solúveis são continuamente lixiviadas e removidas pela drenagem da água, sendo que o desenvolvimento das florestas é garantido pela ciclagem de nutrientes. Apesar de este ser um processo comum a todos os ecossistemas, existem diferenças nas quantidades e nos fluxos, que são particulares a cada biocenose. Este padrão peculiar reflete as respostas a cada situação. Fundamentado nessa afirmativa, o estudo quantitativo de algumas fases do fluxo de energia e de nutrientes, principalmente da deposição de matéria orgânica e da decomposição desse material, permite a comparação entre ecossistemas (DELITTI, 1995).

Por estas razões, a avaliação dessas etapas da ciclagem de nutrientes constitui um tema valioso de investigação científica e um importante instrumento para estudos de diagnose ambiental e de avaliação de impactos, tanto naturais como aqueles causados por atividades humanas.

Apesar de as florestas altomontanas tropicais serem expressivamente estudadas na região dos trópicos, são poucos os trabalhos realizados nessa formação no sul do Brasil, os quais contemplam basicamente informações sobre a composição e a estrutura, não havendo registro de estudos que envolvam o entendimento do fluxo de energia e conteúdo de nutrientes neste ambiente.

### **Objetivos**

Este trabalho foi concebido com o propósito de esclarecer aspectos básicos da ciclagem de nutrientes em florestas altomontanas (Floresta Ombrófila Densa Altomontana). Teve como objetivo principal a avaliação da serapilheira a qual representa o primeiro estágio de transferência de energia e de nutrientes da vegetação para o solo.

Para tanto, estudou-se:

- os solos, classificando-os e caracterizando-os;
- a composição florística e a estrutura da comunidade, como suporte para o entendimento do processo de ciclagem;
- a serapilheira depositada, verificando a produção de matéria orgânica e o conteúdo de nutrientes transferidos da planta ao solo;
- a decomposição da fração foliar da serapilheira e das folhas em fase de abscisão de espécies características da floresta altomontana, analisando o tempo de decomposição e os conteúdos iniciais de nutrientes, lignina e holocelulose (hemicelulose + celulose).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 AMBIENTE ALTOMONTANO

A formação altomontana, também denominada de floresta nuvigínea, floresta anã, floresta de musgos, floresta de neblina ou matinha nebulosa, ocorre próxima ao cume das grandes montanhas, em uma estreita faixa altitudinal que pode variar largamente de posição de acordo com a latitude e também em função do relevo e dos solos (LEITE & KLEIN, 1990; HAMILTON, 1995).

Apesar de a ocorrência desse tipo vegetacional ser mais freqüente na região costeira e em ilhas, pode ser encontrado também interiorizado, como nos Andes, no Gabão e no Congo (GIODA *et al.*, 1994; HAMILTON, 1995).

Ocorrem desde 300 m até 3.500 m de altitude, sendo mais comum entre 1.200 e 2.500 m, podendo estar combinadas com a ocorrência de altas precipitações anuais ou com áreas secas, com regimes sazonais de precipitação, onde a precipitação horizontal (das nuvens) representa um importante componente do sistema hidrológico (STADTMÜLLER, 1987; HAMILTON, 1995). No sul do Brasil, segundo FALKENBERG & VOLTOLINI (1994), as florestas nebulares ocorrem a partir de 700 - 1.100 m, estando associadas com as altas montanhas da Serra do Mar, nos estados de Santa Catarina e Paraná, e com os Aparados da Serra, nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, em regiões onde as chuvas orográficas são comuns devido às barreiras ocasionadas por estas serras.

A variação de altitude para a ocorrência das florestas nebulares evidencia que são os fatores climáticos e geográficos que delimitam a distribuição dessa formação, tais como temperatura e umidade, a direção e a velocidade dos ventos, a forma e a orientação das cadeias montanhosas, a direção das correntes de ar e a formação de nuvens (STADTMÜLLER, 1987). Como os fatores do complexo ambiental (temperatura, precipitação, umidade e velocidade do vento) mudam com a elevação da altitude, esses ambientes diferem bastante dos localizados em altitudes inferiores. Em relação aos aspectos não climáticos, como as



características pedológicas e geomorfológicas, a mudança é ainda mais importante, acarretando em diferentes tipos de solos (RODRIGUES *et al.*, 1989).

### 2.1.1 Aspectos climáticos

Caracterizando a formação altomontana, há a presença persistente, freqüente ou sazonal de uma camada de neblina direcionada pelo vento (condensação da umidade ascendente), acarretando no aumento considerável da umidade relativa do ar no interior da floresta e na redução da radiação solar, mantendo o ambiente sempre úmido (EWUSIE, 1980; WEAVER *et al.*, 1986; HAMILTON, 1995).

Os principais parâmetros climáticos que afetam as florestas com o aumento da altitude são a diminuição da temperatura média e o aumento do índice pluviométrico, como resultado do movimento das massas de ar (EWUSIE, 1980; STADTMÜLLER 1987). Esses fatores, aliados à exposição a ventos fortes, interferem no tipo vegetacional e no crescimento e na forma das árvores (ANDRAE, 1978; EWUSIE, 1980).

As florestas nebulares na região Sul do Brasil ocorrem em um regime pluviométrico com precipitação média anual próxima a 1.500 mm, podendo apresentar médias térmicas inferiores a 15 °C, sendo que a temperatura do mês mais quente (janeiro) pode variar de 20 a 22 °C e do mês mais frio (julho) é freqüentemente menor que 10 °C (LEITE & KLEIN; 1990; FALKENBERG & VOLTOLINI, 1994).

A presença da neblina realça significativamente a precipitação pela interceptação da água das nuvens pelo dossel, o que, combinado com a baixa quantidade de água utilizada pela vegetação, mesmo durante o período de alta intensidade de radiação, resulta na adição de água ao sistema hidrológico (STADTMÜLLER, 1987; HAMILTON, 1995). BRUIJNZEEL & PROCTOR (1994) se basearam em vários trabalhos para sugerir que esta adição pode ser de centenas de milímetros por ano, como demonstrado por HOWARD (1970) que, depois de um ano de estudo no Pico del Oeste em Porto Rico, a 930 m s.n.m., mostrou que as nuvens encobriram o cume em 100% das noites e 60% dos dias, resultando em uma umidade relativa de 98,5% e contribuindo com 10% da precipitação total.

CAVALIER & GOLDSTEIN (1989) também demonstraram, para florestas altomontanas da Colômbia e da Venezuela, que essa interceptação de neblina é uma importante entrada de água, a qual chegou a representar 66% do suprimento total de água no mês mais seco em uma das áreas estudadas, evidenciando que a neblina, como fornecedora de água, aumenta de importância a medida que a precipitação diminui.

### **2.1.2 Aspectos pedológicos**

Apesar de o clima ser o fator primordial para a diversificação vegetal, os solos também são responsáveis pela fisionomia e produção de biomassa da vegetação, assim como as suas características são moduladas pela vegetação, particularmente pela quantidade e natureza da matéria orgânica (ANDRAE, 1978; SWIFT *et al.*, 1979).

A vegetação altomontana ocorre normalmente em NEOSSOLOS LITÓLICOS Húmicos (mineral), NEOSSOLOS LITÓLICOS Hísticos e ORGANOSSOLOS FÓLICOS (matéria orgânica). Essas classes de solos são pouco desenvolvidas, estando sujeitas a intensos processos erosivos em função do relevo (RICHARDS, 1952; IBGE, 1992; RODERJAN, 1994). Apesar de serem de drenagem livre, em função do relevo bastante declivoso, esses solos são muito úmidos, estando ocasionalmente saturados de água por uns poucos dias (BRUIJNZEEL & VENEKLAAS, 1998).

Transectos em montanhas evidenciam quando se passa de uma formação montana para uma formação altomontana. O conteúdo de matéria orgânica aumenta com a altitude, resultando na coloração preta dos solos, observando-se, também, um aumento de água no solo, mascarando a gleização (RICHARDS, 1952; STADTMÜLLER, 1987; BRUIJNZEEL & VENEKLAAS, 1998; VITOUSEK, 1998).

A formação desta camada de resíduos orgânicos está relacionada à difícil decomposição das folhas das árvores, que apresentam estruturas esclerófilas. Também as baixas temperaturas interferem negativamente na atividade biológica nos solos e na meteorização química (JORDAN, 1985; STADTMÜLLER 1987).

Devido a grande quantidade de matéria orgânica, são solos extremamente ácidos, como resultado da liberação de ácidos orgânicos durante a decomposição da serapilheira e a consequente lixiviação das bases do solo mineral (PRITCHETT,

1986). Contribuindo para o pH ácido e para a formação dos solos orgânicos, já que a presença dos íons H<sup>+</sup> na matéria orgânica dificulta a decomposição, está a intensa precipitação aliada à alta declividade, que também resultam na lixiviação das bases. Sabe-se também, que a precipitação horizontal possui pH mais baixo que o da chuva, contribuindo para a acidificação (STADTMÜLLER 1987; TANNER *et al.*, 1998).

Em função da alta lixiviação, geralmente a camada de matéria orgânica que forma os solos contém menor quantidade de nitrogênio e de fósforo que os solos de florestas em menores altitudes, contudo não existe uma tendência visível (TANNER *et al.*, 1998).

Com o aumento da precipitação, a relação carbono / nitrogênio também aumenta, fato que também dificulta a decomposição (STADTMÜLLER, 1987). BRUIJNZEEL & PROCTOR (1994) afirmam que, apesar de existirem algumas florestas altomontanas onde o solo tem menos de 5% de carbono orgânico e menos de 0,3% de nitrogênio total, o carbono orgânico e o nitrogênio aumentam com a altitude. KITAYAMA (1994) cita que, juntamente com o incremento no conteúdo de carbono orgânico nos solos no Monte Kinabalu, Ásia, com o aumento da altitude, houve um aumento na quantidade de nitrogênio total, fósforo solúvel e magnésio e potássio trocáveis, concluindo que os solos altomontanos não são pobres em nutrientes minerais, mas sim que não se conhece como estes nutrientes estão disponíveis para as plantas. O que parece acontecer é que a eficiência instantânea de uso de nutrientes diminui com o aumento da altitude em função das baixas temperaturas (TANNER *et al.*, 1998).

### **2.1.3 Aspectos vegetacionais**

Com a elevação da altitude, as condições climáticas, pedológicas e geomorfológicas se tornam mais adversas para o desenvolvimento da vegetação, que responde com mudanças na sua composição florística, estrutural e fisionômica (RICHARDS, 1952; HOWARD, 1970; EWUSIE, 1980; HALMILTON, 1995; BRUIJNZEEL & VENEKLAAS, 1998).

A luxuriante floresta de pisos altitudinais mais baixos dá lugar a uma comunidade formada por uma vegetação arbórea de porte reduzido, compondo

apenas um estrato que raramente ultrapassa 8 m de altura, com grande número de galhos laterais emaranhados, formando um dossel denso, essencialmente uniforme e homogêneo (HOWARD, 1970; HALMILTON, 1995; BRUIJNZEEL & VENEKLAAS, 1998). Apesar de o número de indivíduos por unidade de área aumentar consideravelmente nestes ambientes, diminui o diâmetro médio e a área basal (WHITE JR. 1963; BYER & WEAVER, 1977).

As folhas se tornam menores, mais coriáceas e mais grossas (esclerófilas), com pontas em forma de gota e com lâminas curvas. Os troncos e ramos são tortuosos e densamente ramificados (RODERJAN & KUNIYOSHI, 1988; GRUBB, 1989; LEITE & KLEIN, 1990; IBGE, 1992; BRUIJNZEEL & VENEKLAAS, 1998). Algumas espécies apresentam raízes adventícias em abundância, sendo a brotação também uma característica bastante comum, uma vez que cada indivíduo possui quase sempre vários troncos (HOWARD, 1970).

Devido à adversidade do ambiente exposto, estas florestas não são tão ricas em espécies arbóreas como as florestas de pisos altitudinais inferiores, com a tendência para poucas espécies dominantes. As lianas também se tornam raras ou até desaparecem por completo (RICHARDS, 1952; WHITE JR., 1963; EWUSIE, 1980). Apesar de o número de espécies arbóreas e lianas decrescer com o aumento da altitude nos trópicos, existem evidências de que há um incremento no número de espécies epifíticas, herbáceas e arbustivas (HAMILTON, 1995).

A vegetação epífita é muito abundante, contudo diminui a quantidade de epifitas floríferas, aumentando extraordinariamente a quantidade de briófitas, musgos e líquens (RICHARDS, 1952; EWUSIE, 1980). WALTER (1986) cita que a característica mais comum a todas as florestas altomontanas é a profusão destas epifitas não floríferas devido a alta umidade do ar, formando uma cobertura verde sobre troncos e ramos e também sobre a superfície do solo. Para esta forma de vida, a precipitação horizontal da neblina assume papel fundamental (HOWARD, 1970).

Os fatores que influem na distribuição das espécies, na forma e altura das árvores e no número de indivíduos por unidade de área na floresta altomontana, ainda não foram totalmente explicados, contudo, acredita-se que as nuvens freqüentes; a redução da radiação solar; os altos índices de radiação ultravioleta B; a alta umidade; as baixas temperaturas do solo e do ar; a exposição a ventos fortes

e constantes; as taxas de transpiração reduzidas; o excesso de água reduzindo a respiração do sistema radicial; a lixiviação dos nutrientes do solo; a pequena espessura dos solos com elevada acidez, com taxas de decomposição e de mineralização reduzidas e a presença de alta concentração de compostos fenólicos na camada orgânica do solo interferindo nos processos metabólicos, façam parte da gama de condições para o estabelecimento dessa vegetação (HOWARD, 1970; WEAVER *et al.*, 1973; EWUSIE, 1980; WEAVER *et al.*, 1986; STADTMÜLLER, 1987; HAMILTON, 1995; BRUIJNZEEL & PROCTOR, 1994; BRUIJNZEEL & VENEKLAAS, 1998).

HOWARD (1970) e BYER & WEAVER (1977) afirmam que é inválida a possibilidade de as baixas temperaturas, as baixas intensidades de luz e os fortes e persistentes ventos influenciarem na baixa estatura das árvores, já que as árvores crescem regularmente em ambientes muito mais frios e com mais ventos, mas que a alta saturação hídrica dos solos, indicando uma baixa aeração, pode ser um fator que contribua para a baixa estatura e lento crescimento. Já BRUIJNZEEL & VENEKLAAS (1998) afirmam que os fortes ventos podem ter influência em certos locais, mas raramente desempenham algum papel nas regiões equatoriais, e que é a frequência da neblina o fator mais importante na determinação da estatura da floresta altomontana.

Estes ambientes têm importante valor de diversidade biológica, especialmente porque contêm uma alta proporção de espécies endêmicas, como verificado por LEWIS (1971) estudando florestas nebulares de altitudes próximas a 1.000 m s.n.m., no Panamá. Concluiu que estas florestas foram sítios de evolução e talvez refúgios de muitos *taxas*. O endemismo em florestas nebulares tropicais foi verificado por vários autores, sempre sugerindo um relativo pequeno número de espécies com algumas dominantes, sendo *Tabebuia rigida* e *Ocotea spathulata* as espécies mais comuns nas regiões equatoriais (WHITE JR., 1963; HOWARD, 1970; HAMILTON, 1995). Apesar de serem espécies normalmente endêmicas, pertencem à famílias de dispersão universal, como Aquifoliaceae, Myrtaceae, Lauraceae e Rubiaceae, que não raramente dominam esse ambiente (VELOSO & GÓES-FILHO, 1982).

No sul do Brasil, a vegetação altomontana é caracterizada principalmente pelas espécies de caúnas (*Ilex microdonta* e *I. dumosa*) e congonghas (*I. theezans* e *I.*

*chamaedrifolia*) da família Aquifoliaceae e pelas espécies de Myrtaceae, cambuí (*Syphoneugena reitzii*) e guamirim (*Blepharocalyx salicifolius*) e gêneros *Eugenia*, *Myrcia* e *Myrceugenia*. Outras espécies bastante comuns são canela-preta (*Ocotea catharinensis*), juntamente com gramimunha (*Weinmannia humilis*), mangue-domato (*Clusia criuva*), pinho-bravo (*Podocarpus sellowii*), catáia (*Drimys brasiliensis*), e ipê-amarelo (*Tabebuia catarinensis*), dentre outras (MAACK, 1981; RODERJAN & KUNIYOSHI, 1988; LEITE & KLEIN, 1990; IBGE, 1992; RODERJAN, 1994; KOEHLER *et al.*, 1998; RODERJAN *et al.*, 1999; ROCHA, 1999).

O estrato arbustivo pode ser caracterizado por gramíneas do gênero *Chusquea* (*Chusquea meyeriana* e *Chusquea* sp.), juntamente com bromélias do gênero *Vriesea* e *Aechmea* e pteridófitas dos gêneros *Polypodium*, *Grammitis*, *Gleichenia* e *Polystichum* (RODERJAN & KUNIYOSHI, 1988; RODERJAN, 1994).

Apesar desse ambiente ser pobre em epífitas fanerógamas, a espécie de orquídea *Sophronites coccinea* é muito comum, sendo facilmente visualizada na época de floração, através de suas vistosas flores vermelhas no entremeio da grande quantidade de musgos (MAACK, 1981; RODERJAN, 1994).

## 2.2 CICLAGEM DE NUTRIENTES

Entende-se como ciclagem de nutrientes, a trajetória cíclica dos elementos minerais essenciais à vida, do ambiente para os organismos e destes novamente para o ambiente. É o resultado de várias fases; absorção, assimilação e armazenamento dos nutrientes na biomassa, retorno ao solo com a matéria orgânica ou chuvas, acumulação e decomposição na superfície do solo e, finalmente, mineralização, ficando assim disponível no solo para ser novamente assimilado pelas plantas (MASON, 1980; HAAG *et al.*, 1985; DELITTI, 1995). Pode ser dividida em geoquímica, entre sistemas diferentes, biológica, dentro de um sistema e bioquímica, retranslocação dentro da planta.

Constitui um dos principais processos do ecossistema, regulando seu funcionamento e desenvolvimento, assumindo papel vital na manutenção da produtividade, em especial em ambientes com solos de baixa fertilidade e fortemente lixiviados, por permitir que os mesmos recursos nutricionais sejam

utilizados em sucessivos períodos de fixação de energia (MASON, 1980; REBELO, 1994; DELITTI, 1995).

A entrada de nutrientes em um ecossistema pode se dar pela precipitação, pela fixação biológica do nitrogênio e pela intemperização da rocha matriz. Já as saídas ocorrem pela lixiviação ou deflúvio, pela erosão do solo superficial, pela volatilização e pela exploração da biomassa. Apesar de a circulação ocorrer também devido aos processos abióticos como a precipitação, particularmente da atmosfera e de águas correntes, a grande quantidade de nutrientes vem da matéria orgânica, através da decomposição (HAAG *et al.*, 1985; POGGIANI, 1992; ARCHIBOLD, 1995).

O desenvolvimento da camada de serapilheira ou matéria orgânica é uma característica única dos ecossistemas florestais, sendo uma das principais vias de transferência de nutrientes e energia da vegetação para o solo (PRITCHETT, 1986; MELLO, 1995).

Apesar de incorreta a afirmativa de que as florestas tropicais são pobres em nutrientes, grande parte desta formação ocorre em solos pobres (BRUIJNZEEL, 1991), onde a umidade e as altas temperaturas provocam a rápida decomposição da serapilheira e liberação de nutrientes. Esta vegetação apresenta fixação de uma quota elevada de nutrientes como proteção contra as perdas por lixiviação, responsável pela diminuição do potencial nutritivo de solos bem desenvolvidos. Nestas condições, onde praticamente há um equilíbrio entre a decomposição de matéria orgânica e a retirada de nutrientes, a nutrição das florestas depende cada vez mais da circulação de nutrientes (ANDRAE, 1978; MEDINA & CUEVAS, 1989; MASON, 1980; VITOUSEK, 1982 e 1984).

Os processos biológicos não são interrompidos nas regiões tropicais onde ocorre a combinação de forte radiação, altas temperaturas e grandes quantidades de chuvas, existindo um favorecimento às condições de crescimento durante todo o ano, resultando em maiores taxas anuais de produção e de retorno de nutrientes ao solo mediante a queda das folhas do que em regiões onde os processos são interrompidos (JORDAN, 1985; ARCHIBOLD, 1995).

Deve-se ressaltar que, as maiores taxas de produtividade, de decomposição e de ciclagem de nutrientes não estão relacionadas às florestas tropicais, mas sim com as condições ambientais mais favoráveis apresentadas nestas unidades.

Quando comparados sítios com mesmas condições de umidade e de nutrientes, a produção e a decomposição são maiores nos trópicos devido às maiores temperaturas (JORDAN & HERRERA, 1981; JORDAN, 1985 e 1989; WHITMORE, 1989).

### **2.2.1 Deposição de serapilheira**

A serapilheira, folhedeo, folhiço, liteira, manta, liter é definida por MASON (1980) como sendo “todos os tipos de material biogênico, em vários estádios de decomposição, o qual representa uma fonte potencial de energia para as espécies consumidoras”. A maior parte da biomassa que compõe a serapilheira é derivada de fontes vegetais, embora as de origem animal também sejam importantes, como restos e excrementos. A serapilheira fina consiste de folhas, flores, frutos, fragmentos pequenos, ramos e galhos com diâmetro de até 2 cm (PROCTOR, 1983; VITOUSEK, 1984).

As folhas constituem a fração mais significativa do montante anual produzido, contribuindo, em média, independentemente do tipo de floresta, com 60 a 80%. Os ramos contribuem com 5 a 20%, as cascas com 1 a 14% e os frutos e flores com 5 a 15% (BRAY & GORHAM, 1964; UNESCO, 1978; SWIFT *et al.*, 1979; MASON, 1980, PORTES *et al.*, 1998; GALVÃO *et al.*, 1999). Isto é compreensível, uma vez que a longevidade das folhas é pequena quando comparada com outros órgãos vegetais.

A produção de serapilheira representa o primeiro estágio de transferência de nutrientes e energia da vegetação para o solo, já que a maior parte dos minerais absorvidos pelas plantas retorna ao solo por queda de serapilheira ou lavagem foliar (HAAG *et al.*, 1985; MELLO, 1995).

Diversos fatores, bióticos e abióticos, influenciam na deposição de serapilheira, tais como tipo vegetacional, latitude, altitude, temperatura, precipitação, intensidade de luz, comprimento do dia, evapotranspiração, relevo, deciduidade, fase sucessional, herbivoria, estoque de nutrientes no solo e nível de saturação hídrica do solo. A produção de serapilheira é resultado da interação desses fatores e, conforme as peculiaridades de cada sistema, um fator pode prevalecer sobre os demais (SWIFT *et al.*, 1979; BRITTEZ, 1994).



O clima é, sem dúvida, o fator mais importante, tendo a pluviosidade e a temperatura como principais componentes (MASON, 1980; MELLO, 1995). A deposição de serapilheira nos ambientes temperados é, em média, de 5,5 ton./ha/ano e nas florestas tropicais ocorre em uma faixa que varia de 5 a 15 ton./ha/ano, observando uma relação de produção de serapilheira de 1:3:5:10 para as zonas climáticas alpina-ártica, temperada fria, temperada quente e tropical, respectivamente (BRAY & GORHAM, 1964). Os fatores considerados decisivos para esta grande amplitude de produção são decorrentes das diferenças de temperaturas, da duração do período vegetativo e da quantidade de insolação recebida. Acredita-se, também, que as maiores taxas de produção nas florestas tropicais estão relacionadas a uma maior produção de folhas. Nas mesmas condições climáticas, a disponibilidade de água no solo, a fertilidade do solo e a composição de espécies são os fatores que determinam a quantidade de serapilheira produzida (BRAY & GORHAM, 1964; JORDAN, 1985).

Embora o clima tenha um efeito marcante na queda de resíduos florestais entre anos distintos, o padrão de deposição anual, apesar de variar em função da região climática e do conjunto de espécies envolvidas, é bem mais regular, estando relacionado com fatores ambientais e genéticos (BRAY & GORHAM, 1964; MASON, 1980; PROCTOR, 1983). Pode apresentar grande amplitude, desde quedas marcantes em um curto intervalo de tempo em florestas decíduas, até quedas contínuas ao longo do ano, em florestas sempreverdes (BRITZ, 1994).

Em muitas plantas, a morte dos órgãos tem um pronunciamento sazonal e uma perda anual regular de partes do sistema. A queda de partes de uma planta é uma característica universal que pode decorrer da formação de uma camada de abscisão, de fatores mecânicos, da combinação de ambos ou da morte do órgão (KOZLOWISKI, 1973). A área de separação no pecíolo está relacionada com a queda de auxina contida na folha; quando a folha se torna velha, a taxa de auxina declina (WAREING & PHILLIPS, 1975).

Nas espécies em que há abscisão de órgãos, as alterações nas condições ambientais, tais como: deficiência hídrica, redução da intensidade luminosa, baixas temperaturas, alterações fotoperiódicas, deficiência mineral, danos devidos a insetos ou fungos, podem acelerar o processo (MEYER *et al.*, 1970). Baixas temperaturas e possivelmente baixas intensidades de luz, são tão ou mais

importantes que a duração do dia na determinação da senescência e abscisão das folhas (WAREING & PHILLIPS, 1975).

Juntamente com os diversos fatores externos que causam a queda de órgãos, a senescência seqüencial de folhas pode ser causada pela competição entre as folhas maduras e as regiões em crescimento. A maior queda de folhas também pode estar relacionada com o desenvolvimento de frutos (WAREING & PHILLIPS, 1975; ARCHIBOLD, 1995).

Em várias florestas tropicais os picos de deposição de serapilheira ocorrem durante a estação seca ou nos meses subseqüentes (NYE, 1961; ANDERSON & SWIFT, 1983; HAAG *et al.*, 1985; SINGH, 1989). PROCTOR *et al.* (1983) encontraram maior produção de serapilheira nos meses de maior precipitação em Gunung Mulu, Sarawak e BRAY & GORHAM (1964) encontraram um aumento na deposição coincidindo com o aumento de temperatura e de precipitação em florestas no oeste da Austrália. EDWARDS (1977) em floresta montana na Nova Guiné, encontrou um aumento na deposição de serapilheira logo após a estação seca. CARPANEZZI (1980) verificou para uma plantação de *Eucalyptus saligna* maior produção de serapilheira durante o período quente e chuvoso e, para uma floresta natural, produção mais intensa no final da estação mais fria e seca, início da estação de chuvas.

Também a concentração de nutrientes nas folhas é sazonal, variando ao longo do ano. Normalmente a concentração de N, P e K diminui conforme a folha amadurece, sendo transportados a outros tecidos da árvore durante a senescência e antes da abscisão. A concentração de Ca tende a aumentar, uma vez que este íon apresenta pouca mobilidade (SWIFT *et al.*, 1979; CARPANEZZI, 1980; MALAVOLTA, 1980; JORDAN, 1985; SINGH, 1989).

A quantidade de nutrientes absorvidos pelas plantas, assim como a quantidade retida nas árvores e na serapilheira, varia largamente com a espécie e com as condições pedo-climáticas. A concentração de nutrientes dentro da planta também varia, sendo que as folhas apresentam as maiores concentrações, exceto para cálcio, seguidas pelas raízes novas. De modo geral observa-se a seqüência  $N > Ca > K > Mg > P$  nas florestas naturais (SWIFT *et al.*, 1979; HAAG *et al.*, 1985).

A eficiência de uso de nutrientes pela planta é o inverso da concentração de nutrientes no tecido vegetal. Espécies adaptadas à condições pobres em nutrientes,

apresentam lento crescimento e produzem mais matéria orgânica por unidade de nutriente absorvido do que plantas de ambientes ricos (MEDINA & CUEVAS, 1989; VITOUSEK, 1982 e 1984).

ARCHIBOLD (1995), avaliando biomassa e nutrientes, constatou que a serapilheira, que representa menos de 5% da biomassa da floresta, pode conter até 14% do estoque de nutrientes.

Além da deposição de serapilheira ser o processo mais importante de transferência de nutrientes da vegetação para o solo, é um ambiente bastante favorável para o desenvolvimento da mesofauna e de microorganismos e exerce função de isolante térmico, retentor de água e atenuador de efeitos erosivos no solo (SANTOS, 1989).

### **2.2.2 Decomposição de serapilheira**

A matéria orgânica armazenada na superfície do solo (horizontes orgânicos) e misturada ao solo mineral é a maior fonte de N, S e também importante reserva de P, Ca, K, Mg e outros. A liberação dos nutrientes da matéria orgânica que cai no solo é um passo muito importante. Se a liberação é muito rápida, os nutrientes podem ser lixiviados ou volatilizados, se é lenta, a disposição de nutrientes pode ser insuficiente, o que resulta na inibição do crescimento (JORDAN, 1985).

A medida que os solos se desenvolvem, a decomposição da matéria orgânica assume um papel cada vez mais decisivo no abastecimento de nutrientes, sendo a nutrição a partir da ciclagem de nutrientes da matéria orgânica o abastecimento principal das árvores. Comparado com isto, o abastecimento a partir da decomposição de minerais, da fixação do N do ar e do suprimento pelas chuvas, ficam em segundo plano. Tem como função a mineralização dos elementos essenciais e a formação da matéria orgânica do solo (ANDRAE, 1978; SWIFT *et al.*, 1979; MASON, 1980; REBELO, 1994).

A decomposição tem início no momento em que o órgão é formado, podendo ser dividida em três processos simultâneos, com efeitos impossíveis de serem distinguidos. Lixiviação, que é a perda de material solúvel pela ação da água da chuva, intemperismo, que é a ruptura mecânica dos detritos devidos a fatores

físicos, e ação biológica, que é a fragmentação gradual e oxidação dos detritos por organismos vivos (HOWARD & HOWARD, 1974; SWIFT *et al.*, 1979; MASON, 1980; HAAG *et al.*, 1985).

A intensidade de decomposição da serapilheira é extremamente variável por depender de um complexo conjunto de fatores. A temperatura tem um efeito muito acentuado na taxa de decomposição, verificando-se geralmente uma diminuição na velocidade ao longo de um gradiente de temperaturas decrescentes (EDWARDS, 1977; DELITTI, 1995). Ainda, o arejamento do solo favorece a mineralização do material vegetal, portanto haverá tendência para acumulação de matéria orgânica no solo sempre que se verifiquem baixas temperaturas ou anaerobiose no solo (UNESCO, 1978; SWIFT *et al.*, 1979; HAAG *et al.*, 1985).

De um modo geral, a decomposição se processa rapidamente em regiões tropicais e subtropicais, porém em regiões frias é comum, assim como em quentes com excesso de umidade no solo (OLSON, 1963; EWEL, 1976; ANDRAE, 1978; SANTOS, 1989; MASON, 1980). Contudo, em florestas tropicais e subtropicais decíduais, muitas espécies perdem suas folhas no começo da estação seca, quando a atividade decompositora é reduzida, desenvolvendo os horizontes orgânicos (SWIFT *et al.*, 1979).

Segundo LUIZÃO (1982) e VITOUSEK (1984), apesar de haver uma grande produção de serapilheira nos ecossistemas tropicais, a baixa fertilidade dos solos é função da facilidade de absorção de nutrientes devido à rápida decomposição da matéria orgânica. Isto acontece porque existem vários mecanismos com a finalidade de conservar os nutrientes dentro do ecossistema, minimizando as perdas por lixiviação: as raízes superficiais que transferem diretamente para as plantas vivas os nutrientes liberados do material em decomposição da serapilheira acumulada e dos horizontes orgânicos, e as micorrizas, que também aumentam a eficiência da absorção de nutrientes.

O processo de decomposição também varia dentro dos ecossistemas, de acordo com as condições microambientais, como as condições microclimáticas e as características da comunidade de detritívoros presentes. A taxa de decomposição pode mudar significativamente dependendo da estação do ano, da natureza química do material a ser decomposto e de outros fatores (MEENTMEYER, 1978; SWIFT *et al.*, 1979; SANTOS, 1989). De uma maneira geral, segue-se a ordem de

importância: macroclima, microclima, natureza do material e comunidade decompositora na interferência da velocidade de decomposição (ANDERSON & SWIFT, 1983).

A natureza, a concentração de nutrientes e a proporção entre compostos orgânicos contidos nos diferentes materiais que compõem a serapilheira, são decisivos e determinam a maior ou menor intensidade de decomposição. Os tecidos com elevada concentração de N, P, K e Mg e baixa relação C/N têm sua decomposição favorecida. Tecidos ricos em material estrutural (celulose, hemicelulose e lignina) são mais resistentes à decomposição do que tecidos com grande quantidade de amido, proteínas e açúcar (MELIX, 1930; MINDERMAN, 1968; EDWARDS, 1977; ANDRAE, 1978; SWIFT *et al.*, 1979; MASON, 1980; ANDERSON & SWIFT, 1983; WHITE *et al.*, 1988).

A atividade decompositora é maior na serapilheira fresca, depois, como as substâncias facilmente degradáveis são utilizadas, a atividade biológica decresce (MINDERMAN, 1968; UNESCO, 1978). Os carboidratos são decompostos rapidamente enquanto que os polifenóis são menos palatáveis aos animais, sendo lentamente decompostos. A acumulação deste composto durante a estação de crescimento causa a precipitação de proteínas nas folhas e também pode interferir no funcionamento de enzimas digestivas (SWIFT *et al.*, 1979; MASON, 1980). Assim, a grande perda inicial de biomassa está amplamente relacionada com os componentes iniciais do material (ODUM, 1970).

A medida que se dá o processo de decomposição, alterações nos teores de carbono e nutrientes devido à intensa atividade biológica, acarretam contínuas variações nas relações carbono / nutrientes (SWIFT *et al.*, 1979; REBELO, 1994).

Para uma mesma espécie, as folhas se decompõem rapidamente, seguidas de pequenos fragmentos de ramos e casca, os órgãos reprodutivos e a madeira se decompõem de forma muito lenta. Partes jovens decompõem-se mais rapidamente que partes velhas (UNESCO, 1978; ANDRAE, 1978; SWIFT *et al.*, 1979; MASON, 1980; JORDAN, 1985).

Alguns autores verificaram, na Costa Rica, que as folhas demoraram 24 semanas para se decompor, enquanto que outros componentes da serapilheira, com menos de 3 cm de diâmetro, demoraram 31 semanas. O material com mais de 3 cm de diâmetro demora, pelo menos, 15 anos para decompor e árvores mortas,

com mais de 22 cm de DAP, 13 anos. No Panamá, o tempo é de 10 anos para árvores mortas com 36 cm de DAP (GOLLEY *et al.*, 1978; ARCHIBOLD, 1995).

De modo geral, as folhas de espécies perenifólias são mais resistentes à decomposição do que as das espécies caducifólias, também a serapilheira originada de angiospermas se decompõe mais rapidamente do que a de gimnospermas (HAAG *et al.*, 1985).

As espécies das fases iniciais de sucessão, além de possuírem alto conteúdo de N e baixa relação C/N, apresentam baixos teores de lignina e de compostos fenólicos quando comparadas com as espécies de fases de sucessão mais avançadas, facilitando a sua decomposição (WHITE *et al.*, 1988; MEDINA & CUEVAS, 1989; GALVÃO *et al.*, 1992).

A taxa com que a serapilheira é transformada é importante para a produtividade total da floresta. Sem uma população ativa de decompositores, o estoque de nutrientes no solo pode ser rapidamente exaurido. Sobre a serapilheira atuam, concomitantemente, fungos, bactérias, protozoários e invertebrados, os quais utilizam a energia do material e causam a liberação dos elementos minerais. Estas espécies da comunidade decompositora são essenciais para manter a estrutura, o funcionamento e a completa assimilação de atividades de outras plantas e animais no ecossistema (ANDRAE, 1978; SWIFT *et al.*, 1979; HAAG *et al.*, 1985; ARCHIBOLD, 1995).

JENNY *et al.* (1949) e OLSON (1963) desenvolveram um modelo exponencial para determinar o coeficiente de decomposição (k). HOWARD & HOWARD (1974), MINDERMAN (1968) e EZCURRA & BECERRA (1987) testaram outras equações não exponenciais, acreditando que o modelo exponencial não representa bem o processo de decomposição. WIEDER & LANG (1982) explicam que o modelo exponencial de OLSON (1963) pode ser expresso de duas formas: a taxa de decomposição declina linearmente juntamente com a quantidade de substrato remanescente ou permanece constante. Como, durante o processo, compostos solúveis facilmente degradados são rapidamente utilizados pelos decompositores e os compostos de difícil degradação são utilizados de forma mais lenta, a proporção relativa de compostos de difícil decomposição aumenta, diminuindo a taxa de decomposição absoluta, enquanto que a taxa de decomposição relativa permanece constante. Assim o modelo exponencial simples

foi modificado para o modelo exponencial duplo, no qual a serapilheira é dividida em duas frações, uma composta do material de fácil decomposição e outra do material de decomposição mais lenta.

JENNY *et al.* (1949) e OLSON (1963) sugerem que a taxa de decomposição é maior nos trópicos que em outras latitudes, sendo que os valores do coeficiente de decomposição nas florestas tropicais são normalmente maiores que 1, indicando que o retorno da matéria orgânica ao solo ocorre em um ano ou menos, enquanto que nas florestas temperadas os coeficientes têm valores menor do que um, sugerindo um retorno somente após alguns anos ou até décadas (ANDERSON & SWIFT, 1983).

Contudo, devido grande parte das árvores em florestas tropicais possuem folhas esclerófilas, que são relativamente mais resistentes à decomposição, alguns estudos em florestas tropicais indicam baixos coeficientes de transformação (JORDAN, 1985; MEDINA & CUEVAS, 1989). Este tipo de folha pode ser interpretado como um processo adaptado à baixa disponibilidade de nutrientes, já que estas folhas apresentam maior longevidade (JORDAN & HERRERA, 1981).

### **2.2.3 Ciclagem de nutrientes em florestas altomontanas**

As florestas nebulares apresentam menor produtividade, estimada pela quantidade anual de serapilheira depositada e pelo incremento em diâmetro, assim como menores taxas de ciclagem de nutrientes quando comparadas com as florestas tropicais úmidas localizadas em pisos altitudinais inferiores (GRUBB, 1989; BRUIJNZEEL & PROCTOR, 1994; VITOUSEK *et al.*, 1995; BRUIJNZEEL & VENEKLAAS, 1998). Estes autores, juntamente com HEALEY (1989) e HEANEY & PROCTOR (1989), ressaltam que ocorre uma redução nos teores de nitrogênio e/ou fósforo disponíveis com o incremento de altitude, resultando em menores concentrações destes elementos nas folhas. Desta forma, a floresta altomontana parece se comportar muito mais como uma floresta temperada do que como uma floresta tropical (TANNER *et al.*, 1998), o que atesta a peculiaridade das florestas expostas ao ambiente crítico das grandes altitudes, diferenciando-as de outras formações não só por suas características fisionômicas.

A diminuição no conteúdo de nitrogênio e fósforo, dependente tanto da diminuição da temperatura média como do aumento da ocorrência de neblina, é importante não apenas por determinar a distribuição dos tipos florestais como por exercer influência na fisionomia da vegetação (GRUBB, 1971; EDWARDS & GRUBB, 1982).

As folhas pequenas, coriáceas e duras das árvores das florestas altomontanas, classificadas como xeromórficas apesar de não serem preparadas para um estresse hídrico, parecem ser adaptadas para a deficiência mineral dentro dos tecidos foliares, já que esta é uma característica de ambientes com disponibilidade de nutrientes limitada (RICHARDS, 1952; MEDINA *et al.*, 1990; BRUIJNZEEL & VENEKLAAS, 1998). Como esta característica protege contra danos mecânicos, herbivoria, doenças, epifítias, alta radiação e névoas ácidas, também pode ser um ponto de seleção da longevidade das folhas, para compensar os baixos ganhos gerais de carbono por unidade de tempo (BRUIJNZEEL & VENEKLAAS, 1998).

Não se sabe se são as baixas concentrações de nutrientes nas folhas que resultam em baixas concentrações nos horizontes orgânicos sobre o solo ou se o contrário, mas é sabido que devido à baixa concentração de nutrientes e à reduzida taxa de queda de serapilheira, as florestas altomontanas têm taxa de ciclagem de nutrientes e crescimento reduzidos (JORDAN, 1985; HEALEY, 1989). Esta diminuição na ciclagem de nutrientes pode ocorrer devido a imobilização dos nutrientes no solo que por sua vez é causada pelo aumento de matéria orgânica resultante da decomposição incompleta em função da diminuição da temperatura e do aumento do conteúdo de água no solo (GRUBB, 1971). O acúmulo de matéria orgânica no solo significa que durante certo período de tempo os nutrientes ficam retidos nos horizontes orgânicos, não estando disponível para as plantas (EDWARDS & GRUBB, 1977). Outra razão para supor que o suprimento de nutrientes é limitado nos solos altomontanos é o baixo pH (TANNER *et al.*, 1998).

Com a altitude, juntamente com a diminuição da altura da floresta e a redução do número de espécies arbóreas e arbustivas, ocorre a diminuição da fitomassa total. Segundo MONEDERO & GONZALEZ (1995), as folhas constituem uma pequena parte da fitomassa. Estes autores encontraram em uma floresta altomontana na cordilheira do Caribe, em Loma de Hierro, na Venezuela, uma



fitomassa foliar de 7,2 a 7,86 ton./ha, referente a uma fitomassa total de 320 a 400 ton./ha, supondo-se ser 2% o montante representado pelas folhas. Contudo, quando comparada com florestas tropicais de pisos altitudinais inferiores, a floresta altomontana apresenta uma biomassa foliar similar, menor biomassa de troncos e galhos, mas igual ou maior biomassa de raízes (BRUIJNZEEL & VENEKLAAS, 1998).

Também a deposição de serapilheira muda ao longo do gradiente altitudinal. HEANEY & PROCTOR (1989) encontraram em Volcán Barva, Costa Rica, uma produção total de serapilheira de 9,0 ton./ha/ano a 100 m de altitude, 6,6 ton./ha/ano a 1.000 m, 5,8 ton./ha/ano a 2.000 m e 5,3 ton./ha/ano a 2.600 m.

BRUN (1976)<sup>1</sup>, citado por MONEDERO & GONZALEZ (1995), registrou para a floresta nebulosa de San Eusebio, na cordilheira andina venezuelana, uma produção de serapilheira de 7,7 ton./ha/ano, valor similar ao encontrado por MEDINA (1986)<sup>2</sup> em Rancho Grande, Venezuela, que foi de 7,8 ton./ha/ano.

Os gastos na construção de biomassa de plantas em altas altitudes podem ser maiores que em menores altitudes devido ao alto conteúdo de lipídios e lignina. Se as folhas tem maior longevidade, os gastos são reduzidos, havendo uma utilização mais eficiente dos nutrientes já investidos devido ao maior tempo de residência na planta, conforme a relativa alta proporção de N e P retranslocados das folhas em florestas altomontanas antes da abscisão. Parece que a menor produção de biomassa acima do solo nas florestas nebulares está relacionada com o menor ganho de carbono fotossintético e aos altos custos de manutenção e construção (BRUIJNZEEL & VENEKLAAS, 1998).

BYER & WEAVER (1977) afirmam que todos os aspectos de regeneração na floresta altomontana são lentos, o que sugere um alto estresse ambiental. Como as baixas temperaturas não parecem apresentar relação com o retardamento de crescimento e as raízes superficiais parecem adaptar as plantas aos solos saturados hidricamente, acredita-se que o maior impedimento para a distribuição dos nutrientes dentro das plantas seja a baixa transpiração neste ambiente saturado de umidade. WEAVER *et al.* (1973) acreditam que esta distribuição

---

<sup>1</sup> BRUN, R. 1976. Methodik und Ergebnisse zur Biomassenbestimmung eines Nebelwaldökosystems in den Venezuelanischen Anden. In: *Proceedings Div. I, XVI, IUFRO World Congress*, Oslo. 490-499 p.

<sup>2</sup> MEDINA, E. 1986. Aspectos ecofisiológicos de plantas de bosques nublados tropicales: el bosque nublado de Rancho Grande. In: *La Selva Nublada de Rancho Grande Parque Nacional "Henry Pittier"*. Ed. O. Huber.

ineficiente de minerais devido a baixa transpiração pode ser a causa do lento crescimento.

Conforme diminui a temperatura e aumenta a precipitação, a decomposição torna-se mais lenta (JENNY *et al.*, 1949). HEANEY & PROCTOR (1989) calcularam o coeficiente de decomposição em diversas altitudes e verificaram que ele diminui com o incremento em altitude. GRUBB (1977 e 1989) ressalta que a taxa de decomposição da matéria orgânica é menor nas florestas de montanha, tendo estimado a vida das folhas em 12 a 14 meses para florestas de pisos altitudinais inferiores, 14 a 16 meses para florestas montanas e 14 a 18 meses para florestas altomontanas.

A baixa taxa de decomposição da matéria orgânica nas florestas altomontanas, quando comparadas com florestas de pisos altitudinais inferiores, é resultante da temperatura, do conteúdo de água no solo e da característica morfológica das folhas (GRUBB, 1971; TANNER, 1981).

Apesar de existir muita variação devido a disponibilidade de nutrientes, de água e da composição das espécies, a tendência no sistema de qualquer montanha é, com o aumento da altitude, geralmente decrescer a concentração de nitrogênio foliar, de fósforo e de potássio, não existindo tendência visível para cálcio e magnésio (TANNER *et al.*, 1998).

Florestas de porte inferior a 10 m, não importando a altitude em que estão localizadas, apresentam normalmente baixa concentração de nutrientes, principalmente N e P. Contudo, quando se compara a concentração do elemento nas folhas frescas e na serapilheira, indica-se uma maior retranslocação do fósforo para os galhos antes da abscisão das folhas do que do nitrogênio (BRUIJNZEEL & PROCTOR, 1994; TANNER *et al.*, 1998). Apesar de GRUBB (1977) sugerir que o crescimento das árvores em altas altitudes é limitado também pela baixa disponibilidade de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, PROCTOR *et al.* (1983) verificaram que isto não é verdadeiro.

As folhas das árvores altomontanas apresentam alta concentração de flavóides, contudo não se observa esta alta concentração na serapilheira velha, o que pode significar que os polifenóis entram no solo durante a chuva (BRUIJNZEEL & VENEKLAAS, 1998). Parece que plantas sujeitas a altas doses de radiação ultravioleta  $\beta$  produzem maior quantidade de compostos fenólicos como flavóides,

apesar de o aumento na intensidade de radiação UV- $\beta$  não ser explicação para a ocorrência de folhas xeromórficas, porque a intensidade de radiação UV- $\beta$  só se torna suficientemente alta a partir de 2.500-3.000 m de altitude. Contudo, acredita-se que plantas normalmente expostas a baixos níveis de luz visível e que crescem sob condições de alta umidade, tendem a ser mais suscetíveis a radiação UV- $\beta$  do que aquelas que crescem em locais com altos níveis de luz visível (BRUIJNZEEL & PROCTOR, 1994).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O morro do Anhangava, ponto cumicante da serra da Baitaca com 1.420 m s.n.m., localiza-se no município de Quatro Barras, Estado do Paraná, a 25°23' de latitude sul e 49°00' de longitude oeste (FIGURA 1).

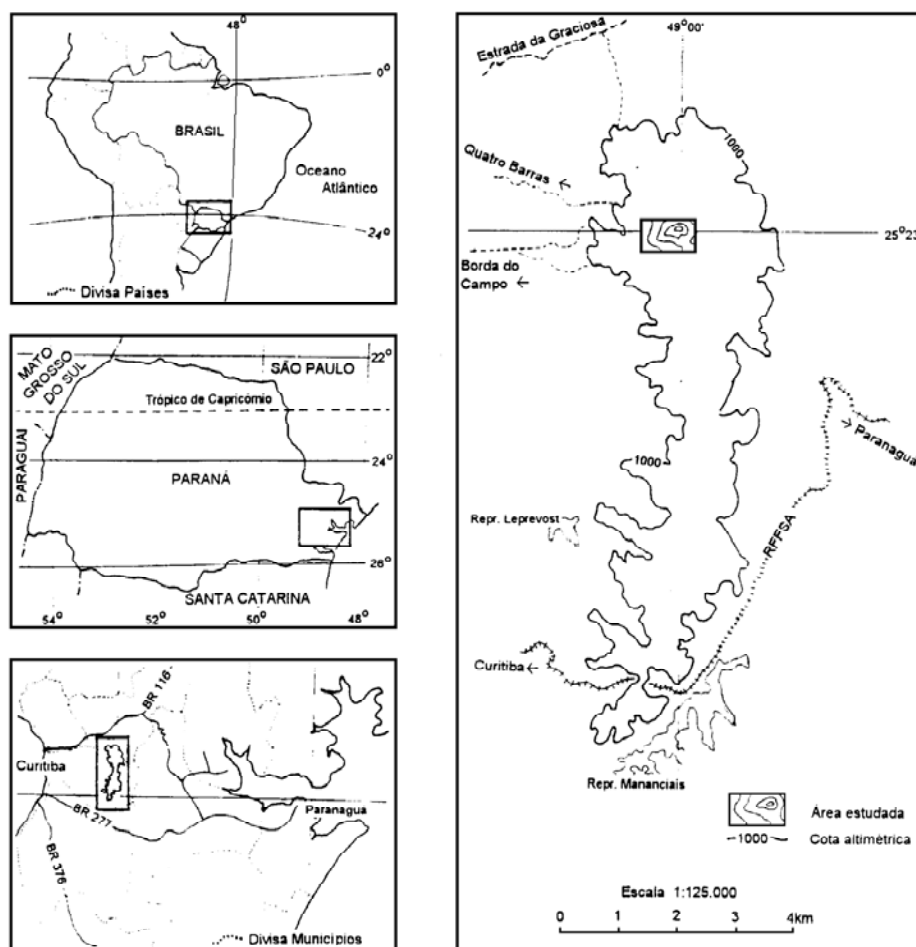


FIGURA 1 - Localização da área de estudo (Fonte: RODERJAN, 1994).

Esta serra está posicionada na borda oriental do primeiro planalto paranaense no sentido oeste-leste dos complexos montanhosos que compõem a

Serra do Mar, formando uma escarpa marginal e descontínua que se eleva em até 500 m acima do nível do planalto (BIGARELLA, 1978; RODERJAN, 1994).

Apesar de a serra da Baitaca estar mais próxima do primeiro planalto que o restante das cadeias montanhosas que compõem a Serra do Mar no Paraná, sua origem é a mesma que a da referida serra (RODERJAN & STRUMINSKI, 1992).

A Serra do Mar é repartida em diversos maciços, compostos por grandes corpos graníticos. O granito Anhangava, que compõe a serra da Baitaca, é originado do período pré-cambriano (CORDANI & GIRARDI, 1967). Esse granito é uma rocha praticamente isenta de diáclases, o que dificulta o intemperismo químico e a erosão linear. É circundado por rochas migmáticas e gnáissicas do primeiro planalto do Paraná bem menos resistentes, o que faz com que o granito Anhangava se ressalte na topografia, por formar morros elevados e penhascos íngremes e escarpados (CORDANI & GIRARDI, 1967; BIGARELLA, 1978; EMBRAPA & IAPAR, 1984).

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo *Cfb*, com verões frescos e chuvosos e invernos frios, sem estação seca definida, com ocorrência de geadas (IAPAR, 1994). Devido às cadeias montanhosas estarem localizadas próximas ao mar, agem como obstáculos aos sistemas atmosféricos tropical atlântico e polar, ocasionando chuvas orográficas e o aprisionamento do ar frio na região, que proporcionam elevados índices pluviométricos e de umidade relativa do ar, grande nebulosidade e temperaturas extremas (BIGARELLA, 1978; RODERJAN & STRUMINSKI, 1992). Em função das grandes diferenças de temperatura e da acentuada declividade, ocorrem, na região, fortes e intensos ventos.

Os solos são pouco desenvolvidos, com predominância dos Solos Litólicos e Orgânicos, atualmente classificados como NEOSSOLOS LITÓLICOS Húmicos, NEOSSOLOS LITÓLICOS Hísticos e ORGANOSSOLOS FÓLICOS pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 1999), observando-se, comumente, a ocorrência de afloramentos rochosos nas porções mais dissecadas e CAMBISSOLOS nas porções menos íngremes (RODERJAN, 1994).

A serra da Baitaca funciona como um divisor de águas. As nascentes dos rios localizadas a oeste e ao sul contribuem para a formação da bacia do rio Iguaçu, a leste e ao norte para a bacia Atlântica (MAACK, 1981).

A vegetação predominante pertence ao domínio da Floresta Ombrófila Densa (floresta Atlântica), não obstante o limite leste da Floresta Ombrófila Mista (floresta com araucária) entremeada pela Estepe (campos), que cobre o primeiro planalto, faça parte do contexto vegetacional, formando áreas de contato no contraforte oeste da serra da Baitaca, na faixa dos 1.000 m s.n.m. (RODERJAN & STRUMINSKI, 1992). A partir dessa altitude, a Floresta Ombrófila Densa apresenta duas sub-formações: Montana, de 1.000 a 1.200 m s.n.m., e Altomontana, acima de 1.200 m s.n.m.. Acima de 1.250 m s.n.m. ocorrem, em meio a floresta altomontana, os refúgios vegetacionais, caracterizados pela vegetação rupestre, formando belas associações de plantas herbáceas e arbustivas.

### 3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A área de estudo situa-se na face sudoeste do morro do Anhangava, entre as altitudes de 1.200 a 1.400 m s.n.m., em região de ocorrência da Floresta Ombrófila Densa Altomontana (FIGURA 2).

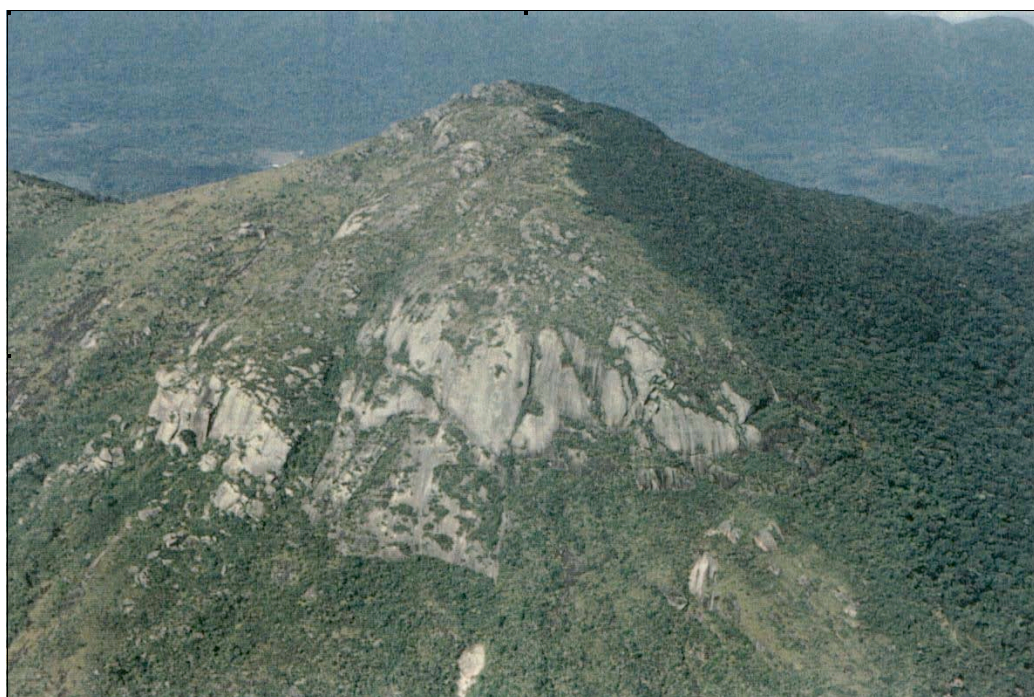


FIGURA 2 - Vista geral do morro do Anhangava.

Nessa área foram demarcadas, no sentido SE, duas linhas paralelas de 100 m de comprimento e equidistantes 10 m entre si, de 1.250 a 1.350 m s.n.m., onde foram coletadas as amostras de solos, realizado o levantamento florístico e estrutural, instalados os coletores de serapilheira e acompanhado a decomposição foliar em “litter bags” (FIGURA 3).

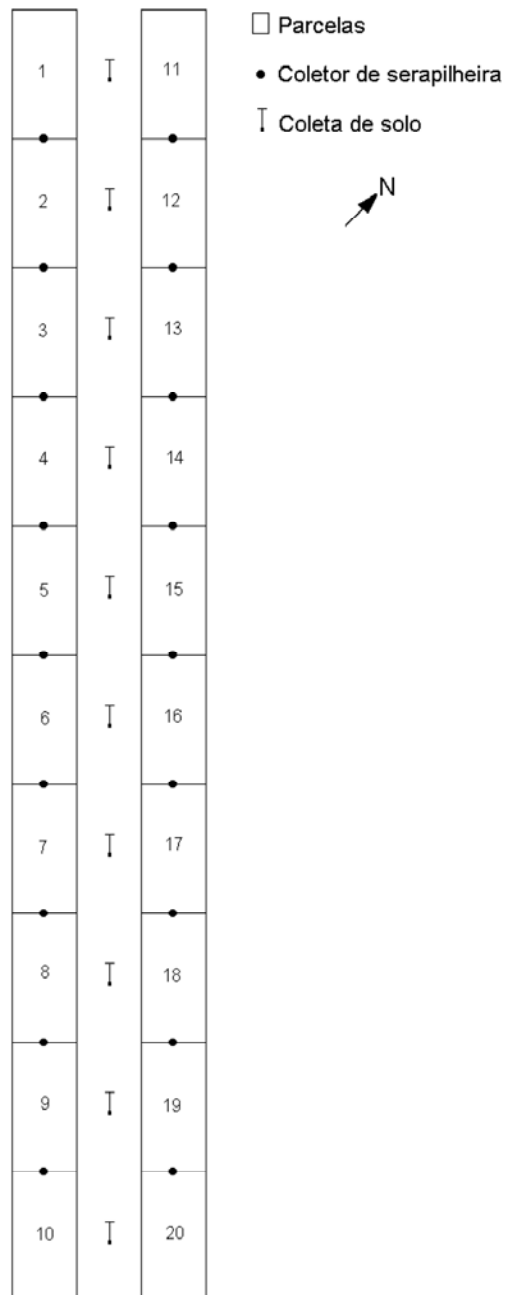


FIGURA 3 - Representação da distribuição das parcelas, dos coletores de serapilheira e das coletas de solo.

### 3.2.1 Caracterização e classificação dos solos

Os solos foram mapeados por meio de 10 tradagens entre as duas linhas estabelecidas na área de estudo, a cada 10 m, iniciando em 1.250 m s.n.m..

Após a identificação das classes de solos, realizou-se a abertura de trincheiras para a coleta dos horizontes e descrição dos solos. As coletas e descrições morfológicas (cor e espessura dos horizontes) deram-se de acordo com LEMOS & SANTOS (1984) e a classificação foi realizada segundo as normas preconizadas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Solos - EMBRAPA.

As amostras coletadas foram destorroadas, secas ao ar e peneiradas, obtendo-se a TFSA (terra fina seca ao ar). Esse material, devidamente homogeneizado, foi submetido às análises de granulometria e química nos laboratórios do Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias da UFPR. A análise granulométrica foi feita no Laboratório de Física do Solo, pelo método de Vettori Pierantoni (1968), descrito em EMBRAPA/SNLCS (1979). As análises químicas deram-se no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, de acordo com IAPAR (1992), determinando-se:

- pH, em solução de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) 0,01M;
- $\text{Al}^{+++}$ , em solução de cloreto de potássio (KCl) 1N;
- $\text{H}^+ + \text{Al}^{+++}$ , em solução tampão SMP;
- $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ , em solução de KCl 1N titulados com EDTA ( $\text{Na}_2\text{EDTA} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) 0,01M;
- P e  $\text{K}^+$ , em solução extratora de Mehlich.

Calculou-se, a partir destes resultados, a soma de bases (S), pela soma de  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  e  $\text{K}^+$ ; a capacidade de troca catiônica total (T), pela soma de bases com  $\text{H}^+ + \text{Al}^{+++}$ ; a saturação em bases, pela porcentagem de S/T, e a saturação em alumínio, pela porcentagem de  $\text{Al}/(\text{S}+\text{Al})$ .

A determinação do N foi feita pelo método de Kjeldahl, segundo HILDEBRAND (1976/1977), no Laboratório de Nutrição de Plantas do Setor de Ciências Agrárias da UFPR. O carbono foi determinado no Laboratório de Solos da EMBRAPA/Florestas, seguindo o método da Matéria Orgânica Total, descrito em KIEHL (1985).



### 3.2.2 Levantamento fitossociológico

A amostragem da vegetação foi realizada por meio de dois transectos paralelos constituídos, cada um, por 10 parcelas retangulares de 5 x 10 m, posicionadas uma após a outra, totalizando 1.000 m<sup>2</sup> de área amostral. Os transectos foram locados sobre as linhas paralelas de modo que estas dividiam as parcelas ao meio.

Realizou-se o levantamento da comunidade arbórea medindo-se todas as árvores com perímetro à altura do peito (PAP) igual ou superior a 10 cm. Para cada indivíduo, anotou-se, em uma ficha de campo (ANEXO 1), o seu perímetro à altura do peito, a altura total e a altura do ponto de inversão morfológico. Avaliou-se a forma do fuste, utilizando-se três padrões de tortuosidade, e a forma da copa, segundo oito padrões pré-determinados utilizados por RODERJAN (1994). Para a posição vertical da árvore no ambiente, considerou-se a possibilidade de existência de até três estratos arbóreos e, para a localização, utilizou-se um croquí onde foram marcadas as posições de todas as árvores medidas, visando especialmente a elaboração de perfil esquemático.

O material botânico foi coletado e, após a herborização e registro no herbário do Laboratório de Dendrologia do Departamento de Silvicultura e Manejo do Setor de Ciências Agrárias da UFPR - EFC, foi identificado pelo Dr. Gerdt Hatschbach do Museu Botânico Municipal (MBM) da Prefeitura Municipal de Curitiba, pelo prof. Dr. Carlos Vellozo Roderjan, do EFC da UFPR, e pelo pesquisador Marcos Sobral, do Curso de Farmácia da UFRGS.

Os dados obtidos em campo foram submetidos ao programa FITOPAC I (SHEPHERD, 1988), calculando-se os descritores como a densidade, a dominância, a frequência e o valor de importância.

Também foram determinados os valores máximos, médios e mínimos do diâmetro e da altura para cada espécie e família botânica. Através de todos esses dados obteve-se as informações quali-quantitativas que possibilitaram a interpretação e avaliação da área estudada.

Com a finalidade de elucidar o significado dos parâmetros empregados, estes estão descritos a seguir, segundo GALVÃO (1994):

- a) *Densidade*: número de indivíduos de cada espécie ou do conjunto de espécies que integram uma comunidade vegetal por unidade de superfície, geralmente hectare.

***Densidade absoluta = n/ha***

Densidade relativa =  $n/ha / N/ha \times 100$

n/ha - número de indivíduos de cada espécie por hectare

N/ha - número total de indivíduos por hectare

- b) *Dominância*: área basal dos fustes, pela qual se expressa a influência de cada espécie na comunidade, através de sua biomassa.

Dominância absoluta = g/ha

Dominância relativa =  $g/ha / G/ha \times 100$

g - área transversal de cada espécie por hectare ( $m^2/ha$ )

G - área basal por hectare ( $m^2/ha$ )

- c) *Frequência*: expressa o número de ocorrências de uma dada espécie nas diversas parcelas alocadas.

Frequência absoluta = % de parcelas em que ocorre uma espécie

Frequência relativa =  $Frequência\ absoluta / \sum Frequência\ absoluta \times 100$

- d) *Valor de importância*: soma dos valores relativos de densidade, dominância e frequência.

### 3.2.3 Deposição de serapilheira

Durante 30 meses, de outubro de 1994 a março de 1997, avaliou-se a deposição da serapilheira utilizando-se 20 coletores circulares de estrutura metálica, com 50 cm de diâmetro cada ( $0,19635\ m^2$ ), sobre os quais fixou-se uma tela de náilon com 2 mm de malha, formando um saco cônico de 50 cm de profundidade (FIGURA 4).

Utilizando-se as linhas-bases inicialmente demarcadas na área de estudo, alocou-se paralelamente, a cada 10 m, 1 coletor de serapilheira em cada uma das linhas, totalizando  $3,927\ m^2$  de área amostral. PROCTOR (1983) cita que NEWBOULD (1967)<sup>3</sup> recomendou um número mínimo de 20 coletores em uma área, considerando-se um erro padrão da média de 10% para um intervalo de confiança de 95%.

O material retido nos coletores foi coletado mensalmente e acondicionado em sacos plásticos enumerados de acordo com a disposição dos coletores.

<sup>3</sup>NEWBOULD, P. J. 1967. *Methods of estimating the primary production of forests*. IBP Handbook nº 2. Blackwell Sci. Pub., Oxford.

Posteriormente, em laboratório, realizou-se a separação do material em sete frações previamente definidas, segregadas em folha (folhas e pecíolos), ramo (ramos e galhos com diâmetro menor ou igual a 2 cm), casca, flor, fruto, epífita e miscelânea. Considerou-se, na fração flor, flores e botões e, na fração fruto, frutos e sementes. A fração miscelânea corresponde a todo material de difícil identificação, como excrementos e restos de animais e vegetais.



FIGURA 4 - Coletor de serapilheira.

Na fração folha separou-se as folhas da espécie *Ilex microdonta* Reissek por esta apresentar o maior número de indivíduos na comunidade estudada, segundo o levantamento fitossociológico realizado.

O material separado foi acondicionado em sacos de papel e seco em estufa à temperatura de 65 °C até peso constante. Posteriormente, o material foi pesado em

balança com precisão de 0,01 g, estimando-se, em kg/ha, a produção mensal e anual da serapilheira de cada fração e total.

### Análise química da serapilheira

Para a realização das análises químicas, as frações foram agrupadas em amostras trimestrais, de acordo com as estações do ano, perfazendo um total de 80 amostras, as quais foram moídas em moinho tipo Willey, homogeneizadas e armazenadas em sacos de papel para análise posterior.

Este material foi novamente seco e armazenado em estufa à 65 °C para que não absorvesse umidade e, seqüentemente, submetido às análises de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) no Laboratório de Nutrição de Plantas e de carbono no Laboratório de Solos do Setor de Ciências Agrárias da UFPR. Com os dados obtidos, calculou-se a quantidade de nutrientes depositada anualmente pela serapilheira e a porcentagem média de nutrientes em cada fração.

A determinação dos teores de nutrientes foi realizada segundo a metodologia descrita por HILDEBRAND (1976/1977), avaliando-se:

- teor de N, pelo método de Kjeldahl;
- teor de P, pelo método Colorimétrico - cor amarela no colorímetro PL4 da Zeiss, com filtro Hg 436;
- teor de K, Ca e Mg, pelo método de Espectrofotometria de Absorção Atômica, no espectrofotômetro de absorção atômica Perkin Elmer 2380.

Determinou-se o carbono pelo método de Walkley-Black, descrito em IAPAR (1992), contudo, adaptou-se ao método a quantidade e a concentração dos reagentes utilizada em TEDESCO *et al.* (1995). Esta adaptação foi feita porque o material apresenta grande porcentagem de matéria orgânica o que resultava na viragem de algumas amostras já na adição dos reagentes, antes da titulação ser efetuada.

### Precipitação e temperatura

Para avaliar se os valores médios mensais de deposição de serapilheira apresentavam ou não uma correlação com o padrão de precipitação e de

temperatura, utilizou-se os dados meteorológicos obtidos de outubro de 1994 a março de 1997, na estação meteorológica do Canguiri, do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, localizada no município de Pinhais à 25°25'S e 49°08'O à 930 m s.n.m. e distante 7 km a oeste da área de estudo. Os dados foram corrigidos tomando-se por base as médias meteorológicas anuais calculadas por RODERJAN (1994), através dos valores obtidos no ano de 1993 na estação do IAPAR e em uma estação meteorológica provisória, instalada a 1.385 m s.n.m. no morro do Anhangava. Com esses dados, realizou-se o histograma da precipitação e as curvas de temperatura para a área de estudo.

#### Análises estatísticas

Os dados foram analisados utilizando-se o programa EXCEL 97 e o programa STATGRAPHICS PLUS 7.1. Pelo programa EXCEL estimou-se os parâmetros de estatística básica e traçou-se os gráficos da estatística descritiva de deposição ao longo do tempo. Pelo STATGRAPHICS realizou-se o teste “t” de comparação de médias entre os dois anos de deposição e calculou-se os coeficientes de correlação entre a deposição por parcela e a densidade e a área basal e entre a produção nas diferentes frações e a temperatura e a precipitação. Realizou-se a análise estatística univariada dos valores de serapilheira depositada e dos nutrientes contidos nela, em cada fração.

#### **3.2.4 Decomposição foliar**

Com base no levantamento fitossociológico da área de estudo, determinou-se as espécies arbóreas mais representativas deste ambiente altomontano. Destas, selecionou-se cinco espécies para o estudo de decomposição foliar, que são:

- *Drimys brasiliensis* Miers (Winteraceae)
- *Ilex microdonta* Reissek (Aquifoliaceae)
- *Podocarpus sellowii* Klotzsch (Podocarpaceae)
- *Siphoneugena reitzii* Legrand (Myrtaceae)
- *Weinmannia humilis* Engler (Cunoniaceae)

*Ilex microdonta* foi escolhida por ser a espécie com maior densidade nessa comunidade altomontana, seguida por *Siphoneugena reitzii* e *Blepharocalyx salicifolius*, duas mirtáceas. Nesse caso, para não realizar o estudo com duas espécies pertencentes à mesma família botânica, optou-se por *Siphoneugena reitzii* por esta possuir um maior número de indivíduos. *Podocarpus sellowii*, única gimnosperma, *Drimys brasiliensis* e *Weinmannia humilis*, por estarem sempre presentes em comunidades altomontanas, também foram consideradas.

No final de agosto de 1996, fundamentado nas informações obtidas na pesquisa de deposição de serapilheira, colheu-se folhas em fase de abscisão em diversas partes da copa de cinco indivíduos de cada uma das cinco espécies selecionadas, tendo-se pré-determinado a porcentagem de umidade (em torno de 75% para a comunidade) para facilitar a estimativa da quantidade de material a ser coletado. Também tomou-se o devido cuidado de coletar folhas fora da área de estudo, para não interferir na coleta de deposição de serapilheira.

Concomitantemente, formou-se uma fração foliar composta pela serapilheira coletada em meses anteriores, constituindo uma amostra mista representativa das espécies que compõem esta biocenose.

Este material foi seco em estufa à temperatura de 65 °C até peso constante e se compôs 20 amostras de 10 g (peso da matéria seca) para cada um dos seis conjuntos de folhas. Definiu-se folha como folha mais pecíolo, e para *W. humilis*, única com folhas compostas, o ráquis também foi considerado.

De cada um dos conjuntos de folhas, quatro amostras foram retidas em laboratório para a determinação da composição química foliar inicial, as quais, após agrupadas em uma amostra por conjunto, foram submetidas à moagem em moinho tipo Willey e homogeneizadas para posterior análise. As amostras restantes (16 por conjunto) foram acondicionadas em "litter bags", que consistem em sacos de náilon com malha de 1 a 2 mm, com 10x15 cm e alocadas na área de estudo em contato integral com o solo no final do mês de setembro de 1996.

Durante um ano, coletou-se quatro amostras por conjunto foliar a cada três meses, sendo a primeira coleta no final de dezembro de 1996. O material coletado foi triado, excluindo-se raízes e partículas de solo, acondicionado em sacos de papel e seco em estufa à 65 °C até peso constante, determinando-se a velocidade

de decomposição pela redução de biomassa em relação ao peso inicial, sendo os resultados expressos em porcentagem da biomassa seca inicial.

Com estes valores, calculou-se a taxa de decomposição (k) da fração foliar da serapilheira e das espécies arbóreas, utilizando-se a fórmula proposta por JENNY *et al.* (1949) e OLSON (1963):

$$k = - \ln [ 1 - (\text{quantidade de biomassa perdida no tempo/biomassa inicial})]$$

Utilizando-se este coeficiente, estimou-se o tempo médio para a decomposição de 50 % do material pela fórmula de OLSON (1963):

$$T_{50\%} = - \ln 0,5 / k$$

#### Análise química das folhas

As amostras de decomposição foliar reservadas para a análise química foram secas novamente em estufa à 65 °C para que não houvesse umidade e, posteriormente, submetidas às análises de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) no Laboratório de Nutrição de Plantas e de carbono no Laboratório de Solos do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, utilizando-se os mesmos métodos já descritos. Adicionalmente às análises de nutrientes, avaliou-se também os compostos orgânicos lignina, holocelulose (celulose + hemicelulose) e extrativos destes conjuntos foliares. Estas análises foram realizadas no Laboratório de Polpa e Papel e Química da Madeira do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestais do Setor de Ciências Agrárias da UFPR, seguindo-se a metodologia de determinação de lignina em madeira utilizada neste laboratório, descrita em TAPPI TEST METHODS (1994/1995).

#### Análises estatísticas

Utilizando-se o programa estatístico STATGRAPHICS PLUS 7.1 ajustou-se a equação de regressão para a quantidade de material remanescente em função do tempo decorrente. O cálculo da estatística básica foi realizado no programa EXCEL 97. Para a comparação dos valores médios de biomassa foliar remanescente entre

os conjuntos de folhas, em cada período de coleta, realizou-se um delineamento inteiramente casualizado, aplicando-se o teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade. Também pelo STATGRAPHICS calculou-se os coeficientes de correlação entre o coeficiente de decomposição e a temperatura e a precipitação e entre o mesmo coeficiente e o conteúdo inicial de nutrientes e de compostos orgânicos no material.



## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 SOLOS**

A face sudeste do morro do Anhangava apresenta uma geomorfia de rampa bastante homogênea, prevalecendo o tipo de encosta convexa-divergente, com pequenos colos côncavos de expressão local. Nas encostas convexa-divergentes são verificadas grandes declividades, dificultando a deposição de material mineral (argila, silte, areia), resultando na formação de NEOSSOLOS LITÓLICOS Hísticos com o horizonte orgânico assente sobre a rocha ou sobre o horizonte C. A gênese desse solo está relacionada à alta nebulosidade e às baixas temperaturas, o que propicia baixas taxas de oxidação da matéria orgânica. Esses solos têm muita similaridade aos solos relacionados por GHANI (1996), os quais são referenciados no atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, EMBRAPA (1999), como ORGANOSSOLOS FÓLICOS.

Nos relevos aconcavados, onde há a possibilidade de acúmulo de sedimentos minerais, encontram-se os NEOSSOLOS LITÓLICOS Húmicos, sugerindo que sua gênese está fortemente relacionada à deposição do material mineral proveniente de outras partes da encosta.

De certa forma, as duas classes de solos apresentam similaridade de superfície, uma vez que os NEOSSOLOS LITÓLICOS têm uma camada de pequena espessura essencialmente orgânica, aqui denominada epihística, fato também observado por GHANI (1996) no perfil nº4 na Serra do Mar paranaense.

Deve-se ressaltar a grande quantidade de raízes observadas no horizonte hístico, sugerindo uma absorção significativa, por parte das raízes, dos elementos prontamente disponíveis.

Devido à presença da camada epihística, as duas classes de solos podem estar compondo um mesmo ambiente em termos nutricionais.

Portanto, das dez parcelas analisadas, sete são constituídas por NEOSSOLOS LITÓLICOS Hísticos com baixa saturação por bases e três por NEOSSOLOS LITÓLICOS Húmicos, também com baixa saturação (TABELA 1).

TABELA 1 - Classificação dos solos nas parcelas.

Parcela	Classificação do Solo
1	NEOSSOLO LITÓLICO Húmico distrófico epihístico textura argilosa raso contato lítico relevo montanhoso
2	NEOSSOLO LITÓLICO Hístico sáprico distrófico raso relevo montanhoso
3	NEOSSOLO LITÓLICO Hístico sáprico distrófico raso relevo montanhoso
4	NEOSSOLO LITÓLICO Hístico sáprico distrófico raso relevo montanhoso
5	NEOSSOLO LITÓLICO Hístico sáprico distrófico raso contato lítico relevo escarpado
6	NEOSSOLO LITÓLICO Húmico distrófico epihístico textura média raso contato lítico relevo montanhoso
7	NEOSSOLO LITÓLICO Hístico sáprico distrófico raso contato lítico relevo montanhoso
8	NEOSSOLO LITÓLICO Hístico sáprico distrófico raso contato lítico relevo escarpado
9	NEOSSOLO LITÓLICO Hístico sáprico distrófico raso contato lítico relevo escarpado
10	NEOSSOLO LITÓLICO Húmico distrófico epihístico textura argilosa raso contato lítico relevo montanhoso

onde: sáprico - refere-se a matéria orgânica extremamente decomposta, não se reconhecendo a sua origem.

Ambas as classes de solos são rasas, sendo a espessura máxima dos NEOSSOLOS LITÓLICOS Húmicos de 35 cm e de 18 cm para os Hísticos. Os horizontes hísticos (H) dos NEOSSOLOS LITÓLICOS Hísticos praticamente não diferiram em espessura, oscilando de 15 a 18 cm, já nos NEOSSOLOS LITÓLICOS Húmicos, a espessura da camada epihística foi menor, variando de 7 a 14 cm.

Sobre ambas as classes de solos, há uma camada de serapilheira composta principalmente por folhas, com espessura variável de 1 a 3 cm (TABELA 2).

TABELA 2 - Descrição morfológica dos solos e declividade das parcelas.

Parcela	Espessuras (Serapilheira e Horizontes)				Cor e Nome			Declividade (%)
	S	H	A	C	H	A	C	
1*	3-0	0-14	14-24	-	10YR 2/2 bruno muito escuro	10YR 2/1 preto	-	46
2	3-0	0-15	-	15-17	10YR 2/2 bruno muito escuro	-	10YR 2/1 preto	47
3	2-0	0-16	-	16-18	10YR 2/2 bruno muito escuro	-	10YR 2/1 preto	55
4	2-0	0-16	-	16-18	10YR 2/2 bruno muito escuro	-	10YR 3/1 cinzento muito escuro	68
5	1,5-0	0-17	-	-	10YR 2/2 bruno muito escuro	-	-	80
6*	1-0	0-7	7-20	-	10YR 2/2 bruno muito escuro	10YR 2/1 preto	-	50
7	3-0	0-17	-	-	10YR 2/2 bruno muito escuro	-	-	70
8	2-0	0-18	-	-	10YR 2/2 bruno muito escuro	-	-	85
9	3-0	0-17	-	-	10YR 2/2 bruno muito escuro	-	-	78
10*	3-0	0-12	12-35	-	10YR 2/2 bruno muito escuro	10YR 2/2 bruno muito escuro	-	48

onde: S - serapilheira; H - horizonte hístico; A e C - horizontes minerais e \* - H representa camada epihística.

Em relação à cor, também houve homogeneidade, sendo que, em todos os horizontes e camadas H, a tonalidade foi bruno muito escuro, decorrente dos elevados teores de carbono. Os altos teores de carbono em solos de ambientes altomontanos também foram observados por RODERJAN (1994) e GHANI (1996). O segundo autor explica que este fato é decorrente do microclima altomontano o qual torna o processo pedogenético de transformação biológica por decomposição mais lento, fazendo com que os conteúdos de carbono orgânico sejam preservados.

O horizonte mineral (A) dos NEOSSOLOS LITÓLICOS Húmicos tem espessura variável de 10 a 23 cm e cor predominantemente preta. A presença desse horizonte é interessante para a comunidade vegetal uma vez que promove uma maior capacidade de sustentação às árvores, permitindo um porte mais elevado do que nos NEOSSOLOS LITÓLICOS Hísticos. Nesses solos, a sustentação se dá pelo próprio “emaranhamento” das raízes, pois estes, devido a sua constituição essencialmente orgânica, com porosidade muito elevada, apresentam grandes espaços vazios, constituindo um substrato que oferece baixa estabilidade às raízes das árvores.

No que se refere ao relevo, percebe-se que nas menores declividades (46 a 50%), encontram-se os NEOSSOLOS LITÓLICOS Húmicos, enquanto que os NEOSSOLOS LITÓLICOS Hísticos estão nos relevos mais íngremes (47 a 85%) (FIGURA 5).

RODERJAN (1994) também observou que os solos litólicos (NEOSSOLOS LITÓLICOS Húmicos) são mais profundos e ocorrem em menores declividades e que vão sendo substituídos por solos orgânicos (ORGANOSSOLOS FÓLICOS e/ou NEOSSOLOS LITÓLICOS Hísticos), tornando-se mais rasos a medida que a declividade aumenta.

Conforme observado por PROCTOR *et al.* (1983), em Gunung Mulu, National Park, Sarawak, a 4º N e 115º E, com o aumento da altitude os solos se tornam orgânicos ou gleys, havendo uma fase transicional em torno de 1.100 m. RODERJAN (1994) também verificou, para o morro do Anhangava, esta transição de solos orgânicos para litólicos a 1.250 m e de litólicos para cambissolos a 1.150 m. Justamente nesta faixa a vegetação também é transicional, de floresta altomontana para floresta montana. As últimas informações são muito importantes, pois provêm de área muito próxima ao ambiente dessa pesquisa.

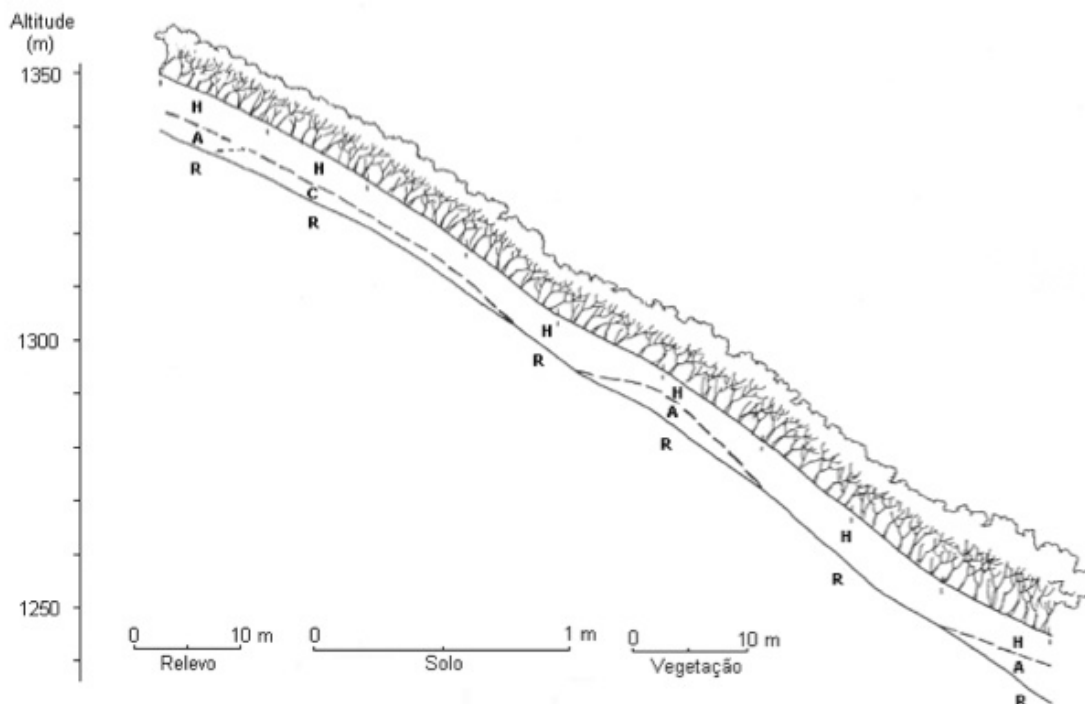


FIGURA 5 - Distribuição dos solos no transecto.

Devido à liberação de ácidos orgânicos durante a decomposição de serapilheira e, conseqüentemente, da lixiviação das bases, estes solos são extremamente ácidos, com pH variando de 3,3 a 3,8, independente do tipo de horizonte (TABELA 3) o que já havia sido observado por outros autores (PRITCHETT, 1986; TANNER *et al.*, 1998).

Segundo EDWARDS & GRUBB (1977) e ODUM (1970), uma das características mais importantes das florestas altomontanas em oposição às florestas de pisos altitudinais inferiores é o grande acúmulo de matéria orgânica no solo, fato que envolve mais que uma generalização da inibição da mineralização pela altitude, já que os solos são formados pela interação do clima, geologia e vegetação (JORDAN, 1985).

A baixa saturação por bases nos horizontes minerais e orgânicos também está atrelada a intensa precipitação, comum na Serra do Mar (BIGARELLA, 1978; MAACK, 1981), aliado à pequena espessura do solo, ao contato lítico e ao relevo altamente dissecado, os quais propiciam a retirada dos nutrientes. UFPR/ITCF (1992), RODERJAN (1994) e GHANI (1996) também concluíram que os solos de ambientes altomontanos são bastante pobres em nutrientes, apresentando altos teores de alumínio.

TABELA 3 - Caracterização química dos solos.

Parcela	Horizonte	pH	$C_{molc}/dm^3$					T	P mg/ dm <sup>3</sup>	C g/ dm <sup>3</sup>	m %	V	N g/kg	C/N	Areia (%)	Silte (%)	Argila (%)
			Al <sup>+3</sup>	H+Al	Ca+Mg	Ca <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>										
1	H*	38	1,6	206	42	25	0,28	25,1	9	3139	26,30	1790	20,76	15,12	-	-	-
	A	35	7,7	349	17	0,7	0,05	36,7	2	724	81,50	480	228	31,75	280	340	380
2	H	36	2,7	245	3,1	1,3	0,23	27,8	10	334,7	44,80	1200	22,82	14,67	-	-	-
3	H	35	2,5	268	2,1	1,0	0,38	29,3	29	306,4	50,20	850	21,38	14,33	-	-	-
4	H	34	2,3	268	2,8	1,3	0,30	29,9	13	284,6	42,60	1040	17,71	16,07	-	-	-
5	H	36	1,4	224	4,1	2,6	0,26	26,8	11	339,2	24,30	1630	23,44	14,47	-	-	-
	H*	36	1,6	245	3,6	1,4	0,37	28,5	19	329,5	28,70	1390	24,74	13,32	-	-	-
6	A	37	1,1	67	1,2	0,5	0,06	8,0	5	23,3	46,60	1580	1,64	14,21	460	480	60
	H	33	1,8	349	2,8	1,2	0,29	38,0	31	378,8	36,80	810	24,24	15,63	-	-	-
8	H	37	1,4	206	3,4	1,6	0,41	24,4	43	354,5	26,90	1560	23,48	15,10	-	-	-
9	H	38	1,4	188	3,5	1,8	0,48	22,8	46	323,3	26,00	1750	21,99	14,70	-	-	-
10	H*	36	1,5	206	3,2	1,2	0,32	24,1	40	341,2	29,90	1460	23,06	14,80	-	-	-
	A	37	4,9	224	1,7	0,7	0,05	24,2	2	50,4	73,70	720	2,27	22,20	260	400	340

onde: \* - H representa camada epihística.

A exceção do solo que compõe a parcela 3, encontraram-se diferenças bastante nítidas nos teores de fósforo entre a porção superior (parcela 1 a 5) e inferior do transecto. Em geral, na porção superior do transecto, os horizontes hísticos apresentaram níveis menores de fósforo (< 30 ppm) e maiores de alumínio (> 2,0 ppm) em relação à porção inferior na qual o fósforo é maior que 30 ppm e o alumínio é menor que 2,0 ppm. Os teores de fósforo e bases trocáveis foram sempre maiores nos horizontes orgânicos do que nos minerais. Contudo, as variações nos conteúdos de nutrientes minerais, não resultaram em diferenças na vegetação, que se apresentou bastante homogênea ao longo do transecto.

Em relação à análise granulométrica dos horizontes minerais deve-se ressaltar que, assim como observado por GHANI (1996), a fração silte é muito expressiva, sugerindo pequeno grau de desenvolvimento pedológico, coerente à classe de solo a qual pertencem.

## 4.2 LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO

Em uma área de 1.000 m<sup>2</sup> amostrou-se 449 indivíduos distribuídos em apenas 24 espécies arbóreas pertencentes a 13 famílias botânicas, e 34 árvores mortas, totalizando 483 ind./1.000 m<sup>2</sup> (TABELA 4).

TABELA 4 - Composição florística arbórea da Floresta Ombrófila Densa Altomontana e número de indivíduos por espécie.

Família	Espécie	nº de ind.	
AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex chamaedrifolia</i> Reissek	34	
	<i>Ilex microdonta</i> Reissek	130	
ASTERACEAE	<i>Vernonia quinqueflora</i> Lessing	1	
BIGNONIACEAE	<i>Tabebuia catarinensis</i> A. Gentry	9	
CLETHRACEAE	<i>Clethra uleana</i> Sleumer	1	
CUNONIACEAE	<i>Lamanonia speciosa</i> (Camb.) L. B. Smith	1	
	<i>Weinmannia humilis</i> Engler	1	
FLACOURTIACEAE	<i>Xylosma pseudosalzmannii</i> Sleumer	1	
LAURACEAE	<i>Ocotea catharinensis</i> Mez	15	
	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisner) Mez	2	
	<i>Ocotea daphnifolia</i> (Meisner) Mez	5	
	<i>Persea major</i> (Ness.) Kopp.	1	
	<i>Rapanea parvifolia</i> (A. D. C.) Mez	9	
MYRSINACEAE	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) Berg	74	
	<i>Eugenia neomyrtifolia</i> M. Sobral	10	
	<i>Gomidesia sellowiana</i> Berg	9	
	<i>Myrcia obtecta</i> (Berg) Kiearskov	11	
	<i>Myrcia richardiana</i> Berg	11	
	<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (Gomez) Landrum	1	
	<i>Siphoneugena reitzii</i> Legrand	100	
	PODOCARPACEAE	<i>Podocarpus sellowii</i> Klotzsch	9
	RHAMNACEAE	<i>Rhamnus sphaerosperma</i> Swartz	2
	THEACEAE	<i>Laplacea fruticosa</i> Schrader	1
WINTERACEAE	<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	11	

Em função do aumento do grau de adversidade com a elevação da altitude, somente algumas espécies conseguem se estabelecer nestes locais, acarretando em uma baixa diversidade nas florestas altomontanas. Este fato é comprovado por outros autores em diferentes florestas altomontanas, como WHITE JR. (1963) que estudou a variação na composição florística e na estrutura das florestas com a altitude nas montanhas Luquillo em Porto Rico, encontrando 15 espécies a 598 m de altitude e apenas 6 a 1.021 m. Em estudos de florestas altomontanas no Paraná, RODERJAN (1994) encontrou 25 espécies e ROCHA (1999) 29 espécies.

Além da baixa diversidade, outra característica é a alta densidade apresentada, equivalente a 4.830 ind./ha (TABELA 5). RODERJAN (1994) encontrou 4.418 ind./ha para uma vegetação altomontana localizada próxima a esta área de estudo e ROCHA (1999) 4.012 ind./ha para floresta altomontana em

Morretes, PR (25°S e 48°W) a 1.385 m de altitude, ambos utilizando um PAP mínimo igual ou superior a 10 cm. WEAVER *et al.* (1986), encontraram 2.650, 4.050 e 4.312 ind./ha, com DAP igual ou superior a 10 cm (PAP > 31 cm) para três florestas altomontanas localizadas nas montanhas Luquillo em Porto Rico.

Vários outros autores, como RICHARDS (1952), EWUSIE (1980), MAACK (1981), LEITE & KLEIN (1990) e HAMILTON *et al.* (1994) quando caracterizaram as florestas nebulares, destacaram a alta densidade e a baixa diversidade apresentadas.

Embora as espécies que ocorrem nesses ambientes sejam quase sempre endêmicas, normalmente pertencentes a gêneros pantropicais de origem australásicos como *Drimys*, *Ilex* e *Podocarpus*, revelando um isolamento antigo desses locais, as famílias características da floresta altomontana apresentam dispersão universal como Myrtaceae, Aquifoliaceae e Lauraceae (VELOSO & GÓES-FILHO, 1982) (TABELA 5).

TABELA 5 - Número de indivíduos, de espécies e porcentagem de espécies por família botânica na Floresta Ombrófila Densa Altomontana.

Família	nº de spp.	% de spp.	nº de ind.	nº de ind./ha
Myrtaceae	7	29,17	216	2.160
Aquifoliaceae	2	8,33	164	1.640
Lauraceae	4	16,67	23	230
Winteraceae	1	4,17	11	110
Podocarpaceae	1	4,17	9	90
Bignoniaceae	1	4,17	9	90
Myrsinaceae	1	4,17	9	90
Cunoniaceae	2	8,33	2	20
Rhamnaceae	1	4,17	2	20
Theaceae	1	4,17	1	10
Clethraceae	1	4,17	1	10
Flacourtiaceae	1	4,17	1	10
Asteraceae	1	4,17	1	10
Mortas	-	-	34	340
Total	24	100	483	4.830

Poucas famílias dominam este ambiente, sendo Myrtaceae a família mais importante dessa associação, com 7 espécies e 6 gêneros (*Blepharocalyx salicifolius*, *Siphoeugena reitzii*, *Myrcia obtecta*, *M. richardiana*, *Eugenia neomyrtifolia*, *Gomidesia sellowiana* e *Pimenta pseudocaryophyllus*) seguida de Lauraceae com 4 espécies e 2 gêneros. As famílias Aquifoliaceae e Cunoniaceae são representadas por duas espécies e as demais por uma espécie cada (FIGURA 6).

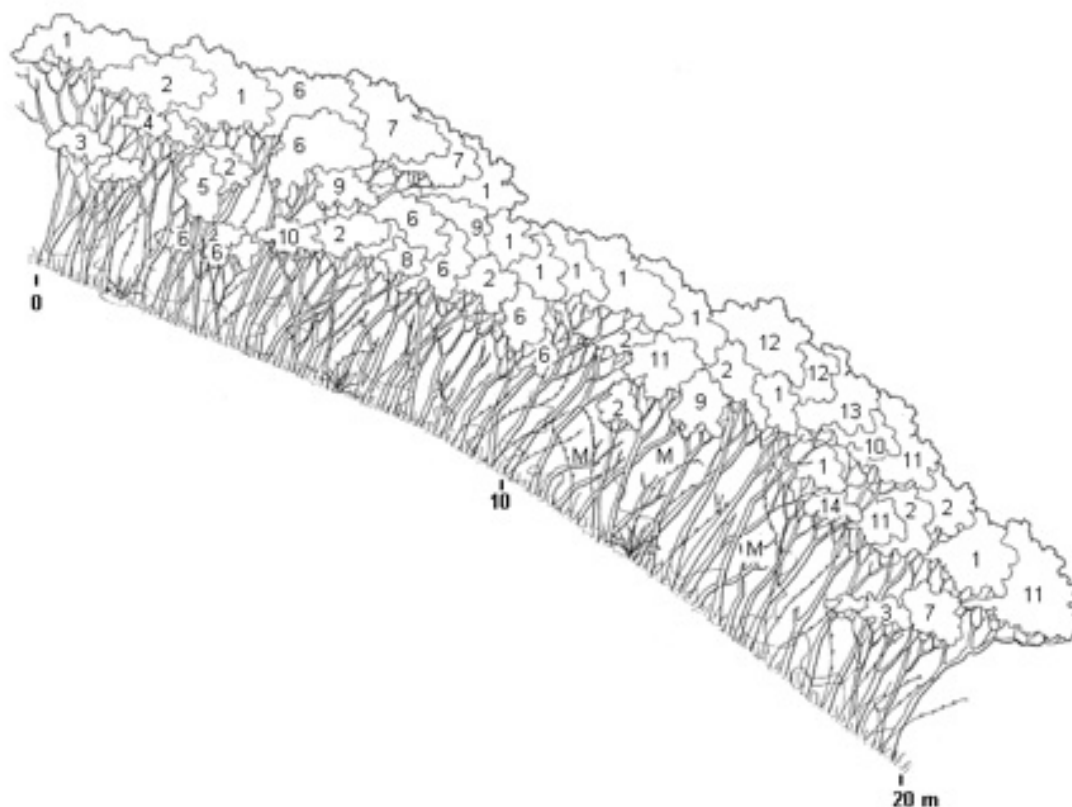


FIGURA 6 - Perfil esquemático da floresta altomontana, onde: 1 - *Ilex microdonta*; 2 - *Blepharocalyx salicifolius*; 3 - *Eugenia myrtifolia*; 4 - *Tabebuia catarinensis*; 5 - *Rapanea parvifolia*; 6 - *Siphoneugena reitzii*; 7 - *Ilex chamaedrifolia*; 8 - *Lamanonia speciosa*; 9 - *Drimys brasiliensis*; 10 - *Podocarpus sellowii*; 11 - *Ocotea catharinensis*; 12 - *Laplacea fruticosa*; 13 - *Ocotea corymbosa*; 14 - *Myrcia richardiana*; M - mortas.

Outros autores, estudando a composição florística de florestas altomontanas, citaram estas mesmas famílias como representativas, além de Podocarpaceae, Winteraceae, Bignoniaceae, Clethraceae e Theaceae, entre outras (HUECK, 1972; MAACK, 1981; VELOSO & GÓES-FILHO, 1982; RODERJAN & KUNIYOSHI, 1988; LEITE & KLEIN, 1990; RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999). Espécies de Bignoniaceae e Lauraceae também são dominantes nas florestas altomontanas da região do Equador (WHITE JR., 1963).

Observando a TABELA 6, percebe-se que, apesar de Myrtaceae ser a família mais representativa desta associação, é *Ilex microdonta*, uma Aquifoliaceae, a espécie mais importante desta comunidade, apresentando os maiores índices relativos de densidade (26,92%) e de dominância (46,15%), resultando em um valor de importância (VI) de 84,38. O segundo e o terceiro maiores VI são 42,24 e



39,38, pertencentes a duas espécies de Myrtaceae, *Blepharocalyx salicifolius* e *Siphoneugena reitzii*, respectivamente.

TABELA 6 - Densidade, dominância e frequência (absoluta e relativa) e valor de importância (VI) das espécies arbóreas encontradas na Floresta Ombrófila Densa Altomontana.

Espécie	Densidade		Dominância		Frequência		VI
	abs. nº/ha	rel. %	abs. m <sup>2</sup> /ha	rel. %	abs. %	rel. %	
<i>Ilex microdonta</i>	1.300,00	26,92	19,32	46,15	90,00	11,32	84,38
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	740,00	15,32	6,01	14,34	100,00	12,58	42,24
<i>Siphoneugena reitzii</i>	1.000,00	20,70	3,34	7,99	85,00	10,69	39,38
<i>Ilex chamaedrifolia</i>	340,00	7,04	1,85	4,42	75,00	9,43	20,90
<i>Ocotea catharinensis</i>	150,00	3,11	2,94	7,02	40,00	5,03	15,16
<i>Podocarpus sellowii</i>	90,00	1,86	0,88	2,11	45,00	5,66	9,63
<i>Myrcia obtecta</i>	110,00	2,28	1,62	3,87	25,00	3,14	9,29
<i>Drimys brasiliensis</i>	110,00	2,28	0,40	0,95	45,00	5,66	8,89
<i>Myrcia richardiana</i>	110,00	2,28	1,01	2,41	25,00	3,14	7,83
<i>Eugenia neomyrtifolia</i>	100,00	2,07	0,15	0,36	35,00	4,40	6,84
<i>Tabebuia catarinensis</i>	90,00	1,86	0,12	0,28	35,00	4,40	6,54
<i>Gomidesia sellowiana</i>	90,00	1,86	0,17	0,42	25,00	3,14	5,42
<i>Rapanea parvifolia</i>	90,00	1,86	0,18	0,42	15,00	1,89	4,17
<i>Ocotea daphnifolia</i>	50,00	1,04	0,39	0,94	15,00	1,89	3,86
<i>Ocotea corymbosa</i>	20,00	0,41	0,61	1,45	10,00	1,26	3,12
<i>Laplacea fruticosa</i>	10,00	0,21	0,62	1,47	5,00	0,63	2,31
<i>Rhamnus sphaerosperma</i>	20,00	0,41	0,02	0,04	10,00	1,26	1,71
<i>Weinmannia humilis</i>	10,00	0,21	0,16	0,37	5,00	0,63	1,21
<i>Clethra uleana</i>	10,00	0,21	0,14	0,34	5,00	0,63	1,17
<i>Xylosma pseudosalzmannii</i>	10,00	0,21	0,09	0,21	5,00	0,63	1,05
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	10,00	0,21	0,03	0,07	5,00	0,63	0,91
<i>Vernonia quinqueflora</i>	10,00	0,21	0,01	0,03	5,00	0,63	0,87
<i>Persea major</i>	10,00	0,21	0,01	0,02	5,00	0,63	0,86
<i>Lamanonia speciosa</i>	10,00	0,21	0,008	0,02	5,00	0,63	0,86
Mortas	340,00	7,04	1,80	4,29	80,00	10,06	21,39
Total	4.830,00	100,0	41,87	100,0	795,00	100,0	300,00

*B. salicifolius*, junto com *I. microdonta*, representam quase metade dos indivíduos dessa comunidade, 42%. Esta característica de uma ou poucas espécies dominarem o ambiente também foi observada por RODERJAN (1994), que obteve *I. microdonta* como espécie mais importante, com 36,2% de densidade e 57,8% de dominância, seguida de *S. reitzii* com 19,8% de densidade e 11,0% de dominância e de *B. salicifolius* com 6,4% de densidade e 5,9% de dominância. No caso deste levantamento, a ordem inversa entre as espécies de Myrtaceae - *B. salicifolius* e *S. reitzii* - em relação ao valor de importância ocorre devido aos indivíduos de *S. reitzii* apresentarem menor diâmetro. Apesar de ROCHA (1999) ter encontrado uma Lauraceae - *Ocotea catharinensis* - como espécie mais importante no seu levantamento, também apontou Myrtaceae como família mais representativa.

A área basal encontrada, 41,87 m<sup>2</sup>/ha, é bastante superior aos valores apresentados por RODERJAN (1994), 29,29 m<sup>2</sup>/ha e ROCHA (1999), 35,24 m<sup>2</sup>/ha, contudo está dentro da média das áreas basais das florestas altomontanas estudadas por WEAVER *et al.* (1986), que variaram de 38 a 65 m<sup>2</sup>/ha.

Apesar de *I. microdonta* apresentar os maiores valores de densidade e de dominância, está presente em 90% das parcelas, e *S. reitzii*, com a segunda maior densidade, apresenta frequência de 85%, enquanto que *B. salicifolius* ocorre em todas as unidades amostrais.

Ainda que a densidade apresentada e a área basal total sejam altas, a floresta estudada é composta predominantemente de muitos indivíduos finos, com DAP raramente ultrapassando 15 cm (TABELA 7).

TABELA 7 - Distribuição das classes de altura e de diâmetro das espécies arbóreas encontradas na Floresta Ombrófila Densa Altomontana.

Espécie	Altura (m)			Diâmetro (cm)		
	mínima	média	máxima	mínimo	médio	máximo
<i>Ilex microdonta</i>	2,5	5,2	7,5	3,2	12,4	33,0
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	2,0	5,1	7,5	3,2	9,3	20,4
<i>Siphoneugena reitzii</i>	2,5	4,6	6,5	3,2	6,0	19,4
<i>Ilex chamaedrifolia</i>	2,0	4,7	6,5	3,2	7,4	16,8
<i>Ocotea catharinensis</i>	3,5	5,7	7,5	3,8	13,8	25,6
<i>Podocarpus sellowii</i>	3,0	5,4	7,5	5,5	10,6	16,1
<i>Myrcia obtecta</i>	2,5	5,5	8,0	3,5	11,1	31,7
<i>Drimys brasiliensis</i>	2,5	4,2	5,0	3,3	6,4	12,1
<i>Myrcia richardiana</i>	4,0	5,3	7,0	4,5	10,0	15,9
<i>Eugenia neomyrtifolia</i>	2,0	3,3	5,0	3,5	4,3	6,4
<i>Tabebuia catarinensis</i>	2,5	4,4	6,0	3,2	4,0	5,4
<i>Gomidesia sellowiana</i>	3,0	3,8	5,5	3,2	4,9	6,4
<i>Rapanea parvifolia</i>	3,0	3,8	4,5	3,2	4,8	7,2
<i>Ocotea daphnifolia</i>	3,5	5,2	7,5	3,2	8,4	18,2
<i>Ocotea corymbosa</i>	7,0	7,5	8,0	16,9	19,5	22,1
<i>Laplacea fruticosa</i>	7,0	7,0	7,0	28,0	28,0	28,0
<i>Rhamnus sphaerosperma</i>	4,0	4,0	4,0	3,2	3,3	3,5
<i>Weinmannia humilis</i>	5,5	5,5	5,5	14,1	14,1	14,1
<i>Clethra uleana</i>	4,0	4,0	4,0	13,4	13,4	13,4
<i>Xylosma pseudosalzmannii</i>	6,0	6,0	6,0	10,7	10,7	10,7
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	5,0	5,0	5,0	6,2	6,2	6,2
<i>Vernonia quinqueflora</i>	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
<i>Persea major</i>	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5
<i>Lamanonia speciosa</i>	3,0	3,0	3,0	3,2	3,2	3,2
Mortas	-	-	-	3,3	7,5	14,6

Verificou-se que apesar de o diâmetro alcançar até 33,0 cm, a grande maioria dos indivíduos ocorre em uma classe de diâmetro que varia de 5,0 a 15,0 cm (FIGURA 7). Com relação a altura, os indivíduos atingem até 8,0 m, contudo os valores médios estão entre 4 e 6 (altura média de 4,6 m), valores esses compatíveis com os mencionados por outros autores (HUECK, 1972; RODERJAN & KUNIYOSHI,

1988 e LEITE & KLEIN, 1990)(FIGURA 8). RODERJAN (1994) e ROCHA (1999) encontraram uma altura média um pouco inferior, 3,5 e 3 m, respectivamente.

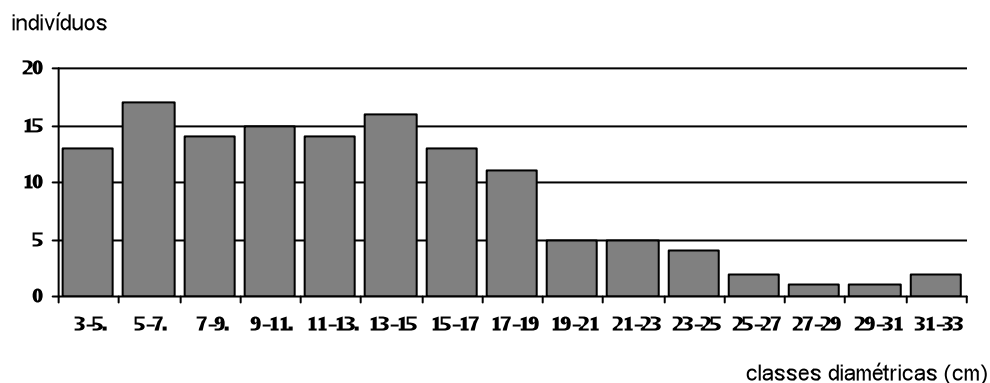


FIGURA 7 - Distribuição das classes diamétricas dos indivíduos amostrados.

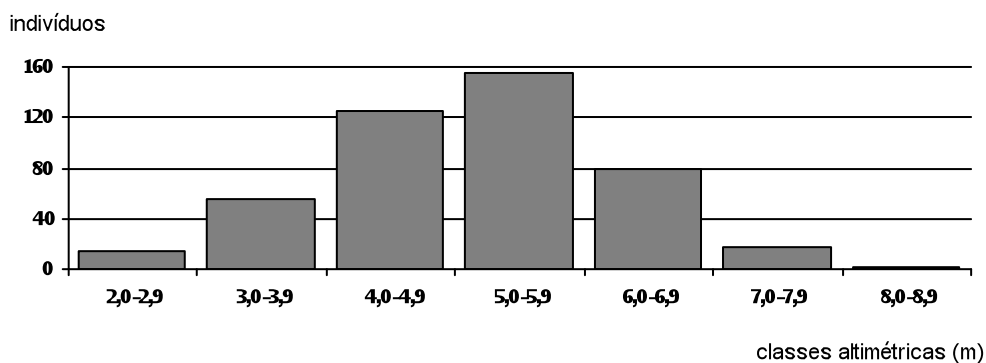


FIGURA 8 - Distribuição das classes altimétricas dos indivíduos amostrados.

ARENDIS *et al.* (1991/1992), estudando uma floresta de neblina em Mérida - Venezuela, também encontraram a maioria dos indivíduos pertencente às classes diamétricas de 3 a 5 e de 5 a 7 cm, com altura média entre 4 e 6 m, raramente ultrapassando 8,0 m. WHITE JR. (1963) verificou, nas montanhas Luquillo, que a altura das árvores dominantes diminuiu de 18 m a 598 m de altitude para 4 m a 1.021 m e o DAP médio de 20,1 cm passou a ser de 7,8 cm, enquanto que o diâmetro máximo caiu de 152,4 cm para 20,3 cm (TABELA 8).

Como quase todos os indivíduos ocorrem nas mesmas classes diamétricas e altimétricas, forma-se um único e denso estrato arbóreo, composto por árvores finas de baixa estatura (FIGURA 9).

TABELA 8 - Estrutura e diversidade de florestas tropicais, em especial, das altomontanas.

Tipo Florestal	Localização	Latitude / longitude	Altitude (m)	Temperatura (°C)	Precipitação (mm)	Altura dossel (m)	Densidade ind./ha	Área basal m <sup>2</sup> /ha	n <sup>o</sup> spp.	pH solo (caCl <sub>2</sub> )	Fonte
FPMab	Paranaguá, PR, BR	25°3'S 48°20'W	nível do mar	21	2000	7,0	2797	24,06	26	3,4 - 4,2	SILVA, 1990
FPMaa						9,7	1663	36,33	50		
FPMa	Paranaguá, PR, BR	25°3'S 48°20'W	nível do mar	21	2000	8 - 10	5737	32,5	43		SILVA, 1998
FPMa						8 - 10	6070	30,0	34		
FODBa						20	3773	41,0	59		
FODBa						20	4013	58,7	78		
FODMo.	Luquillo, Porto Rico		598			18,3	238	36,6	15		WHITE JR., 1963
			686			15,3	328	46,1	15		
			793			9,2	418	30,1	19		
			854			7,6	592	19,5	12		
			946			6,1	712	20,0	10		
			1021	3,7	1296	22,1	6				
FODAlt.	Gunung Mulu, Sarawak	4°N 115°E	1310 1860	19,0 16,3	5600 5700	9 - 15 6 - 13				3,4	PROCTOR <i>et al.</i> , 1983
FODAlt.	Luquillo, Porto Rico		930	18-20	3700		4312	65,2	11	4,3 - 4,9	WEAVER <i>et al.</i> , 1986
			950				2651	37,9	11		
			1010				4050	44,2	6		
FODAlt.	Loma de Hierro, Venezuela		1355	20,2		10,0	260	35,6			MONEDERO GONZALEZ, 1995
FODAlt.	Quatro Barras, PR, BR	25°2'S 49°W	1350	13,4	2091	3,5	4418	29,29	25	3,1 - 4,4	RODERJAN, 1994
FODAlt.	Morretes, PR, BR	25°S 48°W	1385	14,8	3036	3,0	4012	35,24	29	3,2 - 4,1	ROCHA, 1999
FODAlt.	Quatro Barras, PR, BR	25°2'S 49°W	1300	13,8	2255	4,6	4830	41,87	24	3,3 - 3,8	Este estudo

Legenda: FPMab - Formação Pioneira com Influência Marinha - restinga baixa; FPMaa - Formação Pioneira com Influência Marinha - restinga alta; FPMA - Formação Pioneira com Influência Marinha; FODBa - Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas; FODMo. - Floresta Ombrófila Densa Montana; FODAlt. - Floresta Ombrófila Densa Altomontana.



FIGURA 9 - Aspecto interno da floresta altomontana no morro do Anhangava.

### 4.3 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA

#### 4.3.1 Deposição de serapilheira

Com base nas informações mensais, obtidas durante dois anos e meio, estimou-se a produção média anual de serapilheira para a floresta altomontana estudada em 4,5 ton./ha/ano. Pode-se observar, pelos dados apresentados na TABELA 9, que a deposição no ano de 1994 provavelmente seria maior que nos outros anos. Segundo PROCTOR (1983) todas as florestas tropicais apresentam importantes diferenças sazonais na queda de serapilheira entre anos distintos, sendo por isso necessário o acompanhamento por mais de um ano.

A deposição média anual está bem abaixo dos valores relacionados para as florestas tropicais, que normalmente variam de 7 a 11 ton./ha/ano (HAAG *et al.*, 1985). Na verdade, se assemelham com a deposição de serapilheira nos ambientes temperados, que, segundo BRAY & GORHAM (1964), é em média de 5,5 ton./ha/ano.

TABELA 9 - Produção média anual e mensal de serapilheira por fração, em kg/ha.

	Folha Total	(Caúna)	Flor	Fruto	Ramo	Casca	Epífita	Miscel.	Total
1994 - 3 meses	1136,86	(494,53)	45,48	15,16	378,26	30,47	77,39	60,24	1743,85
1995 -12 meses	2687,94	(1105,11)	56,43	242,05	973,35	43,07	121,72	98,95	4223,51
1996 -12 meses	2720,17	(1144,36)	36,63	173,15	1149,84	42,15	195,10	89,58	4406,61
1997 - 3 meses	572,71	(124,10)	18,04	65,35	222,11	12,20	49,59	28,74	968,74
Média anual	2847,07	(1147,24)	62,64	198,28	1089,42	51,16	177,52	111,00	4537,09
Média mensal	237,26	(95,60)	5,22	16,52	90,79	4,26	14,79	9,25	378,09
Desvio padrão	139,93	(78,76)	6,6	21,58	74,70	3,05	14,52	6,27	222,18
Coef. de variação	58,97	(82,37)	127,1	130,60	82,27	71,58	98,15	67,82	58,76
%	62,75	(43,0)	1,38	4,37	24,01	1,13	3,91	2,45	100,00

obs: valores entre parênteses correspondem a folhas de caúna - *Ilex microdonta*.

Contudo, de acordo com os dados de VITOUSEK (1984), a produção está dentro da faixa dos valores encontrados para florestas altomontanas, os quais variam de 5,2 a 7,8 ton./ha/ano. Também VENEKLAAS (1991), estudando dois ambientes tropicais na Colômbia, um a 2.550 e outro a 3.370 m s.n.m., encontrou para o primeiro uma produção de 7,03 ton./ha/ano e para o segundo apenas 4,31 ton./ha/ano, demonstrando que há uma grande redução na produção de serapilheira com a altitude. Os dados de vários autores de deposição e de decomposição de serapilheira em diferentes formações florestais são apresentados no ANEXO 2.

Parece que a diminuição na quantidade de serapilheira depositada com a altitude está relacionada com a diminuição da altura média da floresta, já que quando procurou-se avaliar a relação entre a produção de folhas e de serapilheira total e o número de indivíduos e a área basal, nenhuma das frações apresentou correlação nem com a densidade nem com a dominância nas parcelas (ANEXO 3).

Nesse sentido, BRITZ (1994) encontrou uma produção de 7,7 ton./ha/ano para uma Formação Pioneira de Influência Marinha - restinga - com 9 m de altura e apenas 5,2 ton./ha/ano para uma restinga com 7 m de altura.

JORDAN (1985) compara a caatinga com uma floresta altomontana da Jamaica (Mor Ridge), ressaltando que estes dois tipos florestais apresentam pouca biomassa, baixa estatura, baixa produtividade, baixo índice de área foliar, baixa decomposição, baixa concentração de nitrogênio na biomassa e na serapilheira, acúmulo de raízes na superfície do solo e baixa área foliar específica. Eles diferem basicamente pela cobertura epifítica nas florestas nebulares, resultante da alta umidade em elevadas temperaturas.

Em relação as diferentes frações do montante anual produzido, as folhas constituem a fração mais significativa, contribuindo, em média, com 63% ou 2,8 ton./ha/ano. Independente do tipo florestal, a produção de folhas encontra-se normalmente nesta faixa, de 60 a 80% (HAAG *et al.*, 1985). Isto é compreensível, uma vez que a longevidade das folhas é pequena quando comparada com outros órgãos vegetais. As folhas de caúna - *I. microdonta* - foram tabuladas separadamente devido à grande expressão desta espécie no ambiente estudado, resultando em 1,8 ton./ha/ano ou 43% do total de folhas produzidas, o que evidencia a importância da espécie nessa comunidade.

Deve-se ressaltar a grande porcentagem representada pelos galhos na produção de biomassa, quase 25%, como consequência aos fortes e frequentes ventos. Também as epífitas contribuem grandemente na produção, com 4% do total, valores estes já aguardados em razão da abundância destas no ambiente altomontano.

BRAY & GORHAM (1964), utilizando dados de deposição de serapilheira de algumas formações florestais, a maioria de gimnospermas, concluíram que as folhas representam de 60 a 76 % da serapilheira depositada, os ramos de 12 a 15%, as cascas de 1 a 14% e os frutos de 1 a 17%.

#### **4.3.2 Sazonalidade**

Com os valores de deposição mensal de serapilheira por fração e conseqüentes desvios e coeficientes de variação (ANEXO 4) elaborou-se os gráficos de variação de deposição para cada uma das frações (FIGURA 10 a 17). Utilizando-se os dados de precipitação e de temperatura da Estação Canguiri do IAPAR, corrigidos pelos dados de RODERJAN (1994) (ANEXO 5), realizou-se o histograma de temperatura e precipitação para a área de estudo com a finalidade de relacionar esses dados com o padrão sazonal de deposição de serapilheira da floresta altomontana estudada.

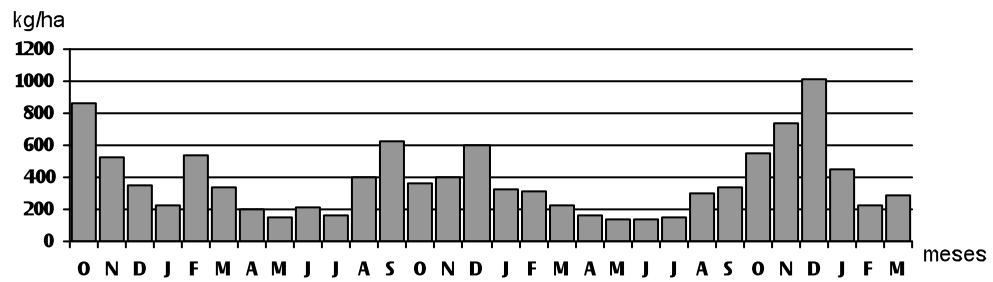


FIGURA 10 - Deposição mensal da serapilheira total de outubro de 1994 a março de 1997.

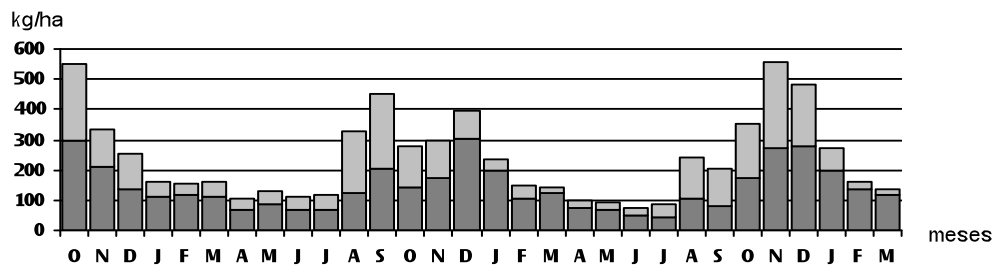


FIGURA 11 - Deposição mensal de folhas de outubro de 1994 a março de 1997. A porção superior indica a deposição de folhas de *Ilex microdonta*.

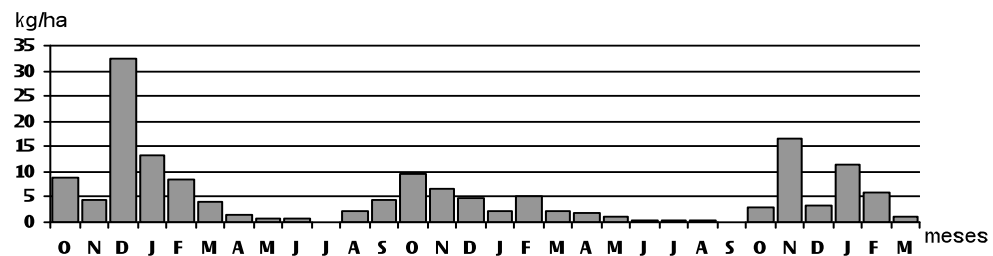


FIGURA 12 - Deposição mensal de flores e botões de outubro de 1994 a março de 1997.

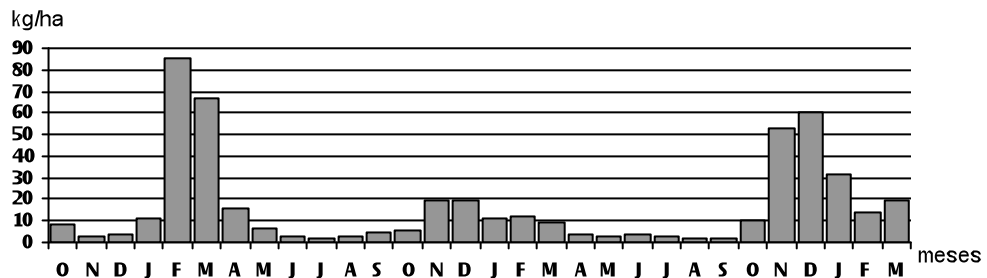


FIGURA 13 - Deposição mensal de frutos e sementes de outubro de 1994 a março de 1997.



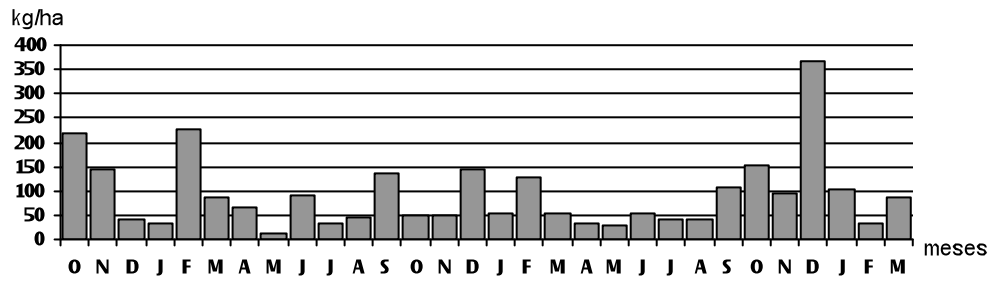


FIGURA 14 - Deposição mensal de ramos e galhos de outubro de 1994 a março de 1997.

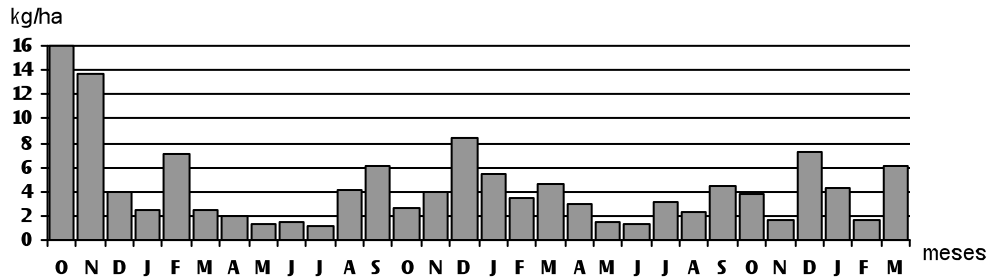


FIGURA 15 - Deposição mensal de cascas de outubro de 1994 a março de 1997.

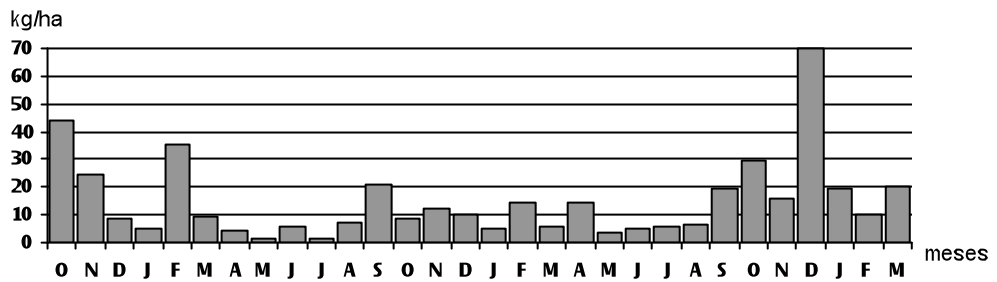


FIGURA 16 - Deposição mensal de epífitas de outubro de 1994 a março de 1997.

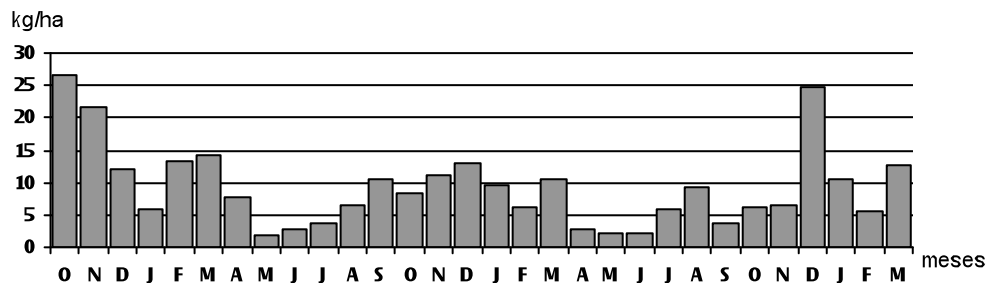


FIGURA 17 - Deposição mensal de miscelânea de outubro de 1994 a março de 1997.

Comparando os gráficos de deposição de serapilheira com o histograma de temperatura e precipitação (FIGURA 18), percebe-se que, na floresta estudada, os maiores picos de deposição ocorrem no início da primavera, fim da estação mais fria e mais seca, nos meses de setembro a dezembro e que a produção atinge um mínimo de maio a julho, período em que ocorre a diminuição da temperatura e da pluviosidade.

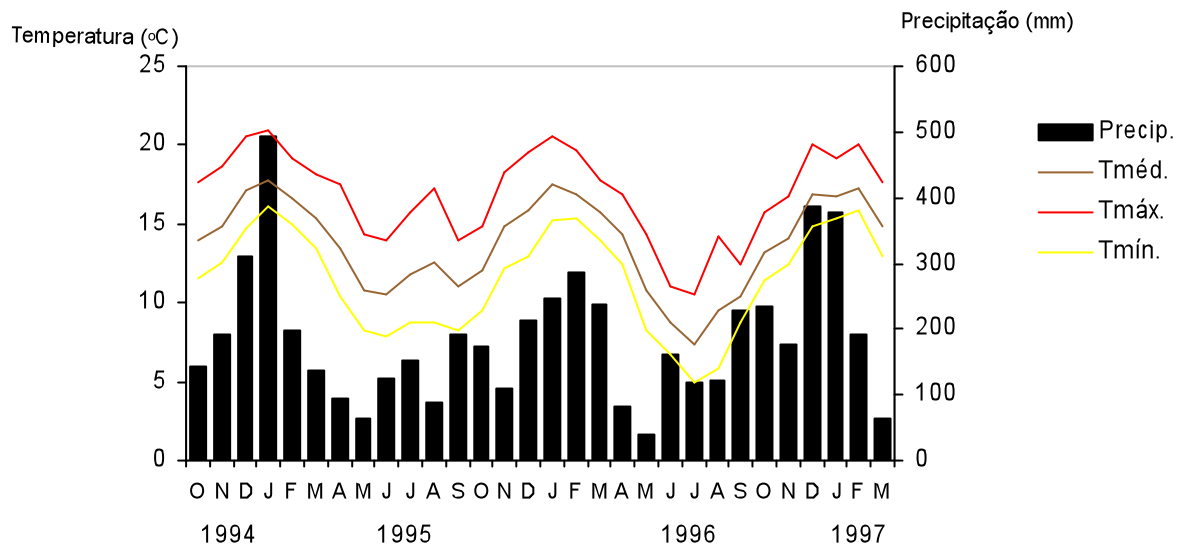


FIGURA 18 - Histograma de temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e precipitação (mm) no morro do Anhangava a 1.350 m de altitude, de outubro de 1994 a março de 1997.

O aumento na deposição de serapilheira está fortemente relacionado com as folhas. A senescência das folhas parece ser causada pela competição entre as folhas maduras e as regiões em crescimento. Já os incrementos na quantidade de serapilheira depositada no final do verão estão relacionados com uma maior produção de frutos.

Apesar de se acreditar que a abscisão dos órgãos vegetais está relacionada com a diminuição da intensidade de luz e com as baixas temperaturas, a queda de partes das plantas, na floresta estudada, acontece quando os dias tornam-se mais longos, as temperaturas mais elevadas e há maior disponibilidade de água. A interpretação dos dados sugere que a vegetação demora alguns meses para responder às mudanças ambientais.

Contudo, apesar da evidente dependência da deposição em função das variáveis meteorológicas, quando analisadas estatisticamente a correlação entre elas foi relativamente baixa (ANEXO 6). A fração flor apresentou os maiores coeficientes de correlação, 0,48 a um nível de significância  $p < 0,0071$ , 0,47 ( $p < 0,0082$ ), 0,47 ( $p < 0,0085$ ) e 0,48 ( $p < 0,0073$ ) para temperaturas média, mínima e máxima e precipitação, respectivamente. A fração folha, quando excluídas as folhas de *I. microdonta*, também apresentou coeficientes relativamente altos, demonstrando uma correlação com a temperatura média de 0,47 ( $p < 0,0092$ ) e 0,48 ( $p < 0,0071$ ) com a temperatura máxima, mas apenas 0,43 ( $p < 0,0174$ ) com a temperatura mínima e 0,34 ( $p < 0,0632$ ) com a precipitação.

Vários autores verificaram que, apesar de variações na deposição de serapilheira ocorrerem em função de mudanças meteorológicas, a correlação entre as variáveis é bastante baixa (PAGANOa, 1989; CESARb, 1993; OLIVEIRA & LACERDA, 1993).

Florestas tropicais normalmente apresentam este tipo de comportamento, uma maior deposição ao final da estação seca, início da estação chuvosa. Contudo, o processo de deposição é muito variável, e alguns autores encontraram um incremento na deposição no auge da estação chuvosa. Em algumas florestas o aumento de produção está relacionado com a diminuição dessas variáveis. Por exemplo, enquanto PROCTOR *et al.* (1983) encontraram para uma floresta de dipterocarpaceas de montanha um pico de deposição no período chuvoso, GONG & ONG (1983) encontraram para o mesmo tipo florestal uma maior deposição na estação seca. Os padrões de deposição refletem uma interação dos fatores climáticos, do tipo vegetacional e inerentes as espécies.

BRAY & GORHAM (1964) salientam que as florestas temperadas do leste da Austrália depositam maior quantidade de serapilheira na primavera e no começo do verão, quando geralmente há um incremento na precipitação e na temperatura. Já no oeste da Austrália a maioria das folhas de *Eucalyptus marginata* são depositadas na época mais quente e seca do ano, existindo diferenças de um ano para o outro.

No caso da floresta altomontana estudada, a produção de serapilheira foi maior no ano de 1996 do que em 1995. Para verificar essa variação entre anos distintos, realizou-se um teste de comparação de médias entre as deposições nos anos de 1995 e 1996 para as frações estudadas (TABELAS 10 a 18).

TABELA 10 - Teste de comparação de médias para a fração folhas entre os anos de 1995 e 1996.

Meses	1995	1996	t	gl	
janeiro	113,48	200,83	3,27	28	**
fevereiro	115,41	103,88	0,46	28	n.s.
março	111,63	123,85	0,41	28	n.s.
abril	69,63	74,28	0,34	28	n.s.
maio	83,80	70,59	1,21	27	n.s.
junho	69,26	48,44	2,29	27	*
julho	69,11	43,45	1,63	28	n.s.
agosto	123,21	107,07	0,76	28	n.s.
setembro	202,61	81,65	3,93	28	**
outubro	145,15	171,48	1,07	28	n.s.
novembro	174,61	273,06	3,34	38	**
dezembro	304,92	277,22	0,64	38	n.s.
total	131,90	131,32	0,02	22	n.s.

TABELA 11 - Teste de comparação de médias para a fração folhas de *Ilex microdonta* entre os anos de 1995 e 1996.

Meses	1995	1996	t	gl	
janeiro	46,50	35,54	1,11	28	n.s.
fevereiro	41,60	41,81	0,02	28	n.s.
março	47,35	17,68	3,23	28	**
abril	33,72	25,78	0,80	28	n.s.
maio	48,32	23,41	1,80	27	n.s.
junho	43,71	28,59	1,19	27	n.s.
julho	50,30	43,74	0,51	28	n.s.
agosto	206,20	136,58	1,27	28	n.s.
setembro	246,39	120,09	1,91	28	n.s.
outubro	132,52	180,31	1,44	28	n.s.
novembro	119,84	282,56	3,02	38	**
dezembro	88,67	208,27	3,19	38	**
total	92,09	95,36	0,10	22	n.s.

TABELA 12 - Teste de comparação de médias para a fração flor entre os anos de 1995 e 1996.

Meses	1995	1996	t	gl	
janeiro	13,35	2,04	1,20	28	n.s.
fevereiro	8,56	5,32	0,42	28	n.s.
março	4,02	2,06	0,85	28	n.s.
abril	1,48	1,78	0,28	28	n.s.
maio	0,75	1,14	0,87	27	n.s.
junho	0,56	0,54	0,05	27	n.s.
julho	0,11	0,52	2,84	28	**
agosto	2,04	0,19	1,46	28	n.s.
setembro	4,50	0,08	3,05	28	**
outubro	5,81	2,92	1,58	28	n.s.
novembro	6,61	16,60	1,46	38	n.s.
dezembro	4,73	3,43	0,51	38	n.s.
total	4,38	3,05	0,77	22	n.s.

TABELA 13 - Teste de comparação de médias para a fração fruto entre os anos de 1995 e 1996.

Meses	1995	1996	t	gl	
janeiro	10,86	10,83	0,01	28	n.s.
fevereiro	85,81	12,40	2,99	28	**
março	67,01	9,57	3,59	28	**
abril	15,60	4,00	1,60	28	n.s.
maio	6,03	2,72	1,13	27	n.s.
junho	2,59	3,33	0,44	27	n.s.
julho	2,00	3,01	0,91	28	n.s.
agosto	3,17	2,02	0,72	28	n.s.
setembro	4,28	2,21	1,00	28	n.s.
outubro	6,36	9,89	0,95	28	n.s.
novembro	19,10	52,92	1,50	38	n.s.
dezembro	19,78	60,23	1,66	38	n.s.
total	20,22	14,43	0,59	22	n.s.

TABELA 14 - Teste de comparação de médias para a fração ramo entre os anos de 1995 e 1996.

Meses	1995	1996	t	gl	
janeiro	31,24	52,01	1,23	28	n.s.
fevereiro	226,98	126,81	0,82	28	n.s.
março	85,05	54,14	1,49	28	n.s.
abril	67,22	32,43	1,51	28	n.s.
maio	11,84	28,83	2,60	27	*
junho	91,86	53,71	1,27	27	n.s.
julho	32,86	41,76	0,63	28	n.s.
agosto	46,57	39,37	0,61	28	n.s.
setembro	135,49	107,22	0,81	28	n.s.
outubro	50,93	151,27	2,13	28	*
novembro	48,79	94,94	2,26	38	*
dezembro	144,51	367,35	2,29	38	*
total	81,11	95,82	0,45	22	n.s.

TABELA 15 - Teste de comparação de médias para a fração casca entre os anos de 1995 e 1996.

Meses	1995	1996	t	gl	
janeiro	2,49	5,51	1,12	28	n.s.
fevereiro	7,13	3,54	1,42	28	n.s.
março	2,51	4,65	0,84	28	n.s.
abril	1,90	2,93	0,70	28	n.s.
maio	1,25	1,54	0,38	27	n.s.
junho	1,53	1,32	0,36	27	n.s.
julho	1,20	3,18	1,53	28	n.s.
agosto	4,09	2,34	0,62	28	n.s.
setembro	6,04	4,50	0,79	28	n.s.
outubro	2,65	3,88	0,99	28	n.s.
novembro	3,94	1,57	2,37	38	*
dezembro	8,35	7,19	0,25	38	n.s.
total	3,59	3,51	0,09	22	n.s.

TABELA 16 - Teste de comparação de médias para a fração epífita entre os anos de 1995 e 1996.

Meses	1995	1996	t	gl	
janeiro	4,88	5,09	0,11	28	n.s.
fevereiro	35,50	14,13	1,28	28	n.s.
março	9,66	5,74	0,87	28	n.s.
abril	4,00	14,70	1,45	28	n.s.
maio	1,38	3,79	1,62	27	n.s.
junho	5,69	5,06	0,32	27	n.s.
julho	1,62	5,98	2,74	28	*
agosto	6,88	6,31	0,23	28	n.s.
setembro	20,80	19,59	0,16	28	n.s.
outubro	8,83	29,41	1,98	28	n.s.
novembro	12,26	15,65	0,55	38	n.s.
dezembro	10,20	69,67	2,91	38	**
total	10,14	16,26	1,02	22	n.s.

TABELA 17 - Teste de comparação de médias para a fração miscelânea entre os anos de 1995 e 1996.

Meses	1995	1996	t	gl	
janeiro	5,74	9,59	2,13	28	*
fevereiro	13,42	6,20	2,10	28	*
março	14,15	10,61	0,77	28	n.s.
abril	7,84	2,85	3,28	28	**
maio	1,91	2,25	0,63	27	n.s.
junho	2,92	2,15	0,83	27	n.s.
julho	3,77	5,91	2,16	28	*
agosto	6,38	9,18	1,29	28	n.s.
setembro	10,38	3,78	5,41	28	**
outubro	8,48	6,06	1,69	28	n.s.
novembro	11,07	6,38	2,56	38	*
dezembro	12,88	24,61	2,93	38	**
total	8,25	7,46	0,37	22	n.s.

TABELA 18 - Teste de comparação de médias para a serapilheira total entre os anos de 1995 e 1996.

Meses	1995	1996	t	gl	
janeiro	228,55	321,43	2,40	28	*
fevereiro	534,42	314,09	1,48	28	n.s.
março	341,39	228,30	2,57	28	*
abril	201,38	158,76	1,42	28	n.s.
maio	155,28	134,26	1,67	27	n.s.
junho	218,12	143,16	2,13	27	*
julho	160,97	147,55	0,51	28	n.s.
agosto	398,55	303,07	1,78	28	n.s.
setembro	630,49	339,12	4,95	28	**
outubro	364,11	555,22	2,74	28	*
novembro	396,22	743,67	6,80	38	**
dezembro	594,05	1017,96	3,42	38	**
total	351,96	367,22	0,16	22	n.s.

Observando-se os dados de todas as frações, verifica-se que as diferenças de deposição de serapilheira que ocorrem nos meses de maior deposição estão relacionadas com as frações folha, folha de *Ilex microdonta* e ramo.

Em relação a fração ramo, essas diferenças possivelmente são casuais, não estando relacionadas nem com as características intrínsecas à comunidade vegetal nem com as variações meteorológicas consideradas. Já em relação as frações de folhas, a diferença de deposição parece estar relacionada à maior flutuação de temperatura no ano de 1996, que apresentou menores temperaturas nos meses antecedentes ao aumento de deposição e à pluviosidade e amplitude de precipitação, que também foram maiores no ano de 1996. É possível também que as folhas das espécies da floresta estudada apresentem longevidade maior do que um ano, o que acarreta em diferenças na deposição de folhas entre anos distintos.

As frações flor e fruto não apresentaram diferenças de um ano para o outro, o que permite inferir que as espécies que compõem esta comunidade vegetal produzem suas flores e frutos durante um pequeno espaço de tempo.

#### 4.3.3 Deposição de nutrientes

Na TABELA 19 observa-se que, apesar de existir diferença entre os teores de macronutrientes de uma fração para a outra, a seqüência de concentração é N > Ca > K > Mg > P, assumindo a tendência comum aos ecossistemas tropicais (HAAG *et al.*, 1985; BRITZ, 1994). Contudo, nas frações ramo e casca o Ca apresenta maior concentração que o N, fato explicado pela não mobilidade do Ca, que se acumula nos tecidos lenhosos.

TABELA 19 - Concentração média anual de macronutrientes por fração de serapilheira (em g/kg).

Fração	N	P	K	Ca	Mg
folha	13,2	0,7	3,4	12,3	2,8
flor	23,4	1,3	6,4	16,2	2,1
fruto	15,2	1,2	5,8	8,3	1,8
ramo	9,2	0,5	1,7	14,5	1,0
casca	10,6	0,7	2,7	25,7	1,2
epífita	15,2	1,3	4,3	10,4	2,1
miscelânea	20,0	1,4	3,7	13,4	2,3
média anual	15,0	1,0	3,9	14,1	2,0
desvio padrão	4,7	0,4	1,6	5,3	4,7

As maiores concentrações de N são encontradas nas folhas, órgãos reprodutivos e epífitas, já que esse elemento faz parte de muitas proteínas, várias co-enzimas e da clorofila, compondo os tecidos vegetais. Como Mg faz parte da estrutura molecular da clorofila e está associado a muitas proteínas vegetais, os maiores teores deste elemento também ocorrem nas folhas e nas epífitas (SUTCLIFFE, 1989).

O P possui maior teor nos órgãos reprodutivos, devido a sua participação nos processos metabólicos fundamentais que possibilitam o desenvolvimento destes órgãos (SUTCLIFFE, 1989; BRITZ, 1994). Já o K apresenta maior concentração nos órgãos reprodutivos por ser extremamente móvel e retranslocado pela planta para as partes jovens.

Com os teores de nutrientes e a quantidade de serapilheira produzida por fração, estimou-se, em kg/ha/ano, a deposição média anual de macronutrientes (TABELA 20).

TABELA 20 - Estimativa, em kg/ha/ano, da deposição média anual de macronutrientes pela serapilheira para cada fração e porcentagem em relação ao total.

Fração	N	%	P	%	K	%	Ca	%	Mg	%
folha	37,3	65,32	1,91	59,69	9,13	66,35	35,21	60,74	7,57	77,17
flor	1,43	2,51	0,08	2,50	0,28	2,04	0,66	1,14	0,14	1,42
fruto	2,99	5,24	0,24	7,50	1,21	8,79	1,73	2,98	0,36	3,67
ramo	9,91	17,37	0,55	17,19	1,91	13,9	15,69	27,07	1,02	10,40
casca	0,53	0,93	0,03	0,94	0,12	0,87	1,35	2,33	0,06	0,61
epífita	2,67	2,67	0,23	0,23	0,71	0,71	1,85	3,19	0,39	0,39
miscelânea	2,26	3,96	0,16	5,00	0,4	2,91	1,48	2,55	0,27	2,75
total	57,06	100	3,20	100	13,76	100	57,97	100	9,81	100

A maior ou menor quantidade de nutrientes depositados por compartimento ocorre subordinada a quantidade de material produzido e não a concentração do nutriente no material analisado. A contribuição relativa de nutrientes pelas frações de serapilheira acompanhou a de material depositado em cada fração, tendo as folhas contribuído, em média, com mais de 60 % do total de nutrientes. Os ramos também apresentaram contribuição bem significativa na quantidade de nutrientes. Deve-se ressaltar ainda, a participação das frações flor, fruto e miscelânea na produção de P e K.

A quantidade de nutrientes depositados, 58 kg/ha/ano de Ca, 10 kg/ha/ano de Mg, 3,20 kg/ha/ano de P, 14 kg/ha/ano de K e 57 kg/ha/ano de N, é menor que a normalmente encontrada em florestas tropicais, mas está de acordo com os valores encontrados em outras florestas altomontanas (VITOUSEK, 1984). PAGANOb (1989)



sugere que valores elevados de macronutrientes indicam ausência de mecanismos de conservação desses pela vegetação.

A concentração de nutrientes é maior nas folhas em fase de abscisão que nas folhas da serapilheira, assim o baixo conteúdo de nutrientes na serapilheira pode ser resultado da lixiviação (KLINGE, 1977). Muitos dos problemas relacionados a baixa concentração de nutrientes na serapilheira são resultantes do tempo de permanência do material nos coletores, fato que assume relativa importância em ambientes com regime pluviométrico elevado e para nutrientes rapidamente lixiviados, como o potássio (PROCTOR, 1983).

Há ainda variação mensal na concentração de nutrientes na serapilheira devido às variações climáticas que causam mudanças na fisiologia das plantas (HAAG, *et al.*, 1985). As variações nas concentrações dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg, do C e da relação C/N e a quantidade depositada mensalmente ao longo do ano, encontram-se nas TABELAS 21 a 27.

TABELA 21 - Concentração (g/kg) e quantidade de nitrogênio depositada (kg/ha) por fração ao longo das estações do ano. Início na primavera de 1994 e término no verão de 1997.

Estações do ano	Folha		Caúna		Flor		Fruto		Ramo		Casca		Epífita		Miscelânea	
	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha
primavera	14,4	9,25	12,0	5,92	20,4	0,93	17,9	0,27	8,4	3,19	9,8	0,30	15,2	1,18	23,1	1,39
verão	13,3	4,54	13,6	1,84	27,2	0,70	13,8	2,26	8,2	2,80	10,3	0,13	13,0	0,65	19,8	0,66
outono	12,9	2,87	11,5	1,44	22,0	0,06	12,0	0,29	8,8	1,50	9,2	0,04	15,3	0,17	20,9	0,26
inverno	12,0	4,75	9,3	4,69	18,1	0,12	19,1	0,18	9,1	1,95	9,3	0,11	13,5	0,39	19,8	0,41
primavera	12,9	8,06	11,9	4,06	20,9	0,44	17,0	0,76	8,0	1,95	11,3	0,17	16,0	0,50	19,9	0,64
verão	14,1	6,03	13,8	1,31	22,6	0,21	15,7	0,52	8,8	2,06	10,5	0,14	16,6	0,41	19,6	0,52
outono	14,5	2,80	11,4	0,88	56,4	0,20	11,4	0,11	11,4	1,31	14,0	0,08	16,8	0,40	21,1	0,15
inverno	12,3	2,85	11,4	3,43	2,0	0,00	12,3	0,09	9,5	1,78	11,1	0,11	15,0	0,48	16,7	0,32
primavera	14,2	10,26	12,3	8,23	20,9	0,48	14,8	1,82	9,5	5,81	10,0	0,13	14,8	1,69	20,1	0,74
verão	16,7	7,50	19,8	2,46	23,4	0,42	17,8	1,17	10,9	2,41	10,3	0,13	16,2	0,80	19,5	0,56

TABELA 22 - Concentração (g/kg) e quantidade de fósforo depositada (kg/ha) por fração ao longo das estações do ano. Início na primavera de 1994 e término no verão de 1997.

Estações do ano	Folha		Caúna		Flor		Fruto		Ramo		Casca		Epífita		Miscelânea	
	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha
primavera	0,6	0,36	0,5	0,25	1,3	0,06	1,3	0,02	0,4	0,14	0,5	0,01	1,0	0,08	1,4	0,08
verão	0,6	0,22	0,6	0,08	1,2	0,03	1,3	0,21	0,5	0,17	0,4	0,01	1,1	0,05	1,5	0,05
outono	0,5	0,12	0,6	0,07	1,3	0,00	1,1	0,03	0,4	0,07	0,6	0,00	0,9	0,01	1,3	0,02
inverno	0,6	0,23	0,6	0,28	1,2	0,01	1,3	0,01	0,5	0,10	0,5	0,01	1,2	0,03	1,2	0,03
primavera	0,6	0,38	0,6	0,20	1,2	0,03	1,1	0,05	0,6	0,15	0,7	0,01	1,1	0,04	1,7	0,06
verão	0,7	0,28	0,7	0,07	1,1	0,01	1,3	0,04	0,5	0,11	0,6	0,01	1,2	0,03	1,3	0,03
outono	0,8	0,15	0,8	0,06	0,8	0,00	0,9	0,01	0,5	0,06	0,8	0,00	1,3	0,03	1,2	0,01
inverno	0,7	0,16	0,6	0,18	1,9	0,00	0,9	0,01	0,5	0,09	0,7	0,01	1,6	0,05	1,5	0,03
primavera	0,9	0,63	0,7	0,44	1,3	0,03	1,0	0,13	0,6	0,38	1,0	0,01	1,5	0,17	1,6	0,06
verão	1,1	0,49	1,1	0,13	1,2	0,02	1,4	0,09	0,5	0,10	0,7	0,01	1,8	0,09	1,5	0,04

TABELA 23 - Concentração (g/kg) e quantidade de potássio depositada (kg/ha) por fração ao longo das estações do ano. Início na primavera de 1994 e término no verão de 1997.

Estações do ano	Folha		Caúna		Flor		Fruto		Ramo		Casca		Epífita		Miscelânea	
	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha
primavera	2,8	1,81	2,6	1,30	4,4	0,20	6,4	0,10	1,7	0,65	1,8	0,05	4,2	0,33	3,2	0,20
verão	2,6	0,89	4,3	0,58	4,9	0,13	8,1	1,32	1,6	0,56	2,4	0,03	4,3	0,21	4,6	0,15
outono	3,8	0,84	3,6	0,45	4,6	0,01	8,1	0,20	1,6	0,27	2,4	0,01	5,0	0,06	3,0	0,04
inverno	3,2	1,28	3,6	1,80	5,8	0,04	6,9	0,07	1,9	0,41	2,3	0,03	5,0	0,15	3,4	0,07
primavera	3,0	1,87	2,8	0,94	3,9	0,08	5,1	0,23	1,2	0,29	1,6	0,02	3,4	0,11	3,1	0,10
verão	3,7	1,57	3,9	0,37	3,1	0,03	5,3	0,17	1,6	0,37	1,8	0,02	4,3	0,11	3,8	0,10
outono	3,6	0,70	3,5	0,27	3,8	0,01	3,3	0,03	1,9	0,22	2,5	0,01	3,8	0,09	3,1	0,02
inverno	3,4	0,78	4,0	1,20	6,7	0,01	2,8	0,02	1,4	0,27	1,5	0,02	3,9	0,12	2,9	0,05
primavera	3,3	2,40	2,2	1,45	3,8	0,09	4,6	0,57	1,8	1,12	2,5	0,03	3,2	0,36	3,6	0,13
verão	4,0	1,81	4,3	0,53	3,5	0,06	4,5	0,30	2,8	0,61	2,9	0,03	4,6	0,23	4,3	0,12

TABELA 24 - Concentração (g/kg) e quantidade de cálcio depositada (kg/ha) por fração ao longo das estações do ano. Início na primavera de 1994 e término no verão de 1997.

Estações do ano	Folha		Caúna		Flor		Fruto		Ramo		Casca		Epífita		Miscelânea	
	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha
primavera	12,9	8,27	10,8	5,32	9,4	0,43	7,0	0,11	13,8	5,20	28,1	0,86	9,5	0,74	13,5	0,81
verão	13,8	4,68	10,1	1,36	9,9	0,26	6,1	0,99	17,3	5,92	26,8	0,32	12,3	0,61	11,0	0,37
outono	12,1	2,70	10,0	1,26	22,2	0,06	6,4	0,16	13,8	2,35	28,8	0,13	9,4	0,10	15,3	0,19
inverno	11,8	4,64	9,5	4,78	11,3	0,08	8,5	0,08	11,8	2,54	19,4	0,22	9,6	0,28	11,0	0,23
primavera	12,5	7,81	10,3	3,50	9,3	0,19	4,7	0,21	19,6	4,79	27,5	0,41	12,5	0,39	12,6	0,41
verão	11,5	4,93	10,9	1,03	9,3	0,09	7,5	0,25	12,9	3,00	24,5	0,34	9,9	0,25	11,3	0,30
outono	13,8	2,66	10,1	0,79	13,7	0,05	7,6	0,08	16,1	1,85	17,4	0,10	10,8	0,25	12,2	0,09
inverno	12,6	2,93	17,9	5,37	55,4	0,04	12,3	0,09	12,4	2,33	23,0	0,23	8,0	0,26	13,3	0,25
primavera	12,9	9,29	10,6	7,13	10,6	0,24	15,0	1,85	12,9	7,94	24,1	0,30	10,3	1,18	11,9	0,44
verão	17,8	7,96	12,9	1,61	11,1	0,20	8,0	0,52	14,9	3,30	37,0	0,45	11,5	0,57	21,9	0,63

TABELA 25 - Concentração (g/kg) e quantidade de magnésio depositada (kg/ha) por fração ao longo das estações do ano. Início na primavera de 1994 e término no verão de 1997.

Estações do ano	Folha		Caúna		Flor		Fruto		Ramo		Casca		Epífita		Miscelânea	
	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha	g/kg	kg/ha
primavera	2,5	1,61	3,3	1,65	2,5	0,11	1,8	0,03	1,1	0,43	1,4	0,04	2,9	0,22	2,9	0,17
verão	2,4	0,81	3,1	0,42	1,9	0,05	1,6	0,27	0,9	0,30	1,0	0,01	1,8	0,09	1,9	0,06
outono	2,3	0,50	2,6	0,33	2,2	0,01	1,6	0,04	0,9	0,15	1,2	0,01	1,9	0,02	1,8	0,02
inverno	2,3	0,89	3,1	1,57	2,0	0,01	1,9	0,02	1,0	0,21	1,0	0,01	2,6	0,08	2,0	0,04
primavera	1,8	1,09	3,0	1,02	1,9	0,04	0,7	0,03	0,5	0,12	0,9	0,01	1,1	0,04	1,6	0,05
verão	1,6	0,70	3,0	0,29	1,1	0,01	1,6	0,05	0,6	0,15	0,8	0,01	1,6	0,04	1,6	0,04
outono	2,1	0,41	2,8	0,21	1,9	0,01	1,5	0,02	1,4	0,16	1,2	0,01	2,0	0,05	2,2	0,02
inverno	1,8	0,42	5,0	1,50	2,3	0,00	2,6	0,02	0,9	0,16	1,0	0,01	2,1	0,07	1,9	0,04
primavera	2,3	1,67	3,0	2,01	2,9	0,07	2,5	0,31	0,9	0,54	1,8	0,02	2,0	0,23	2,6	0,10
verão	3,0	1,35	3,8	0,47	2,4	0,04	1,8	0,11	1,5	0,33	1,6	0,02	3,0	0,15	4,3	0,12

TABELA 26 - Concentração (g/kg) de carbono por fração ao longo das estações do ano. Início na primavera de 1994 e término no verão de 1997.

Estações do ano	Folha g/kg	Caúna g/kg	Flor g/kg	Fruto g/kg	Ramo g/kg	Casca g/kg	Epífita g/kg	Miscelânea g/kg
primavera	353,3	385,9	366,5	381,0	339,4	338,1	365,8	368,5
verão	365,8	374,8	353,3	388,0	364,4	350,5	401,8	387,9
outono	386,5	363,0	317,3	364,4	374,1	322,8	376,8	346,4
inverno	339,8	403,2	354,0	364,4	363,7	322,8	394,9	337,4
primavera	369,9	340,8	343,6	414,3	371,3	337,4	353,3	330,7
verão	333,2	372,7	322,8	387,9	341,8	339,4	331,1	360,9
outono	319,1	325,6	288,2	314,2	354,7	333,9	360,2	338,1
inverno	347,1	351,9	292,3	365,8	336,7	329,7	356,8	332,5
primavera	315,9	321,4	369,9	368,5	391,4	295,1	362,7	335,3
verão	363,0	350,5	336,7	358,8	361,6	317,3	369,9	360,2

TABELA 27 - Relação carbono / nitrogênio por fração ao longo das estações do ano. Início na primavera de 1994 e término no verão de 1997.

Estações do ano	Folha %	Caúna %	Flor %	Fruto %	Ramo %	Casca %	Epífita %	Miscelânea %
primavera	24,52	32,26	17,98	21,24	40,28	34,54	24,03	15,95
verão	27,46	27,57	13,00	28,13	44,68	33,93	30,79	19,55
outono	29,96	31,64	14,45	30,32	42,58	34,93	24,63	16,60
inverno	28,27	43,20	19,54	19,06	40,11	34,59	29,36	17,07
primavera	28,67	28,61	16,47	24,34	46,41	29,98	22,05	16,66
verão	23,68	27,02	14,27	24,67	38,72	32,38	20,01	18,43
outono	22,03	28,65	5,11	27,65	31,21	23,91	21,39	16,03
inverno	28,31	30,81	149,90	29,84	35,54	29,59	23,71	19,89
primavera	22,23	26,22	17,70	24,96	41,32	29,42	24,56	16,71
verão	21,71	17,72	14,39	20,12	33,28	30,78	22,89	18,47

A concentração de nitrogênio nas folhas, folhas de caúna, flores e miscelânea diminui no inverno, enquanto que nos frutos a diminuição acontece no outono e não apresenta padrão nos ramos e nas cascas. Já o cálcio se acumula nas cascas e ramos, principalmente nas cascas, sendo que a concentração desse elemento se mantém regular em todas as frações. Algumas espécies possuem alta concentração de cálcio nas suas flores como pode-se perceber pelo aumento na concentração desse nas amostras do outono de 1995 e do inverno de 1996.

O carbono se mantém mais ou menos constante em todas as frações e entre elas, o que faz com que as variações na relação carbono / nitrogênio sejam principalmente em função do nitrogênio.

#### 4.4 DECOMPOSIÇÃO FOLIAR

Utilizando-se os valores de biomassa foliar remanescente nos “litter bags” a cada trimestre elaborou-se as curvas de decomposição (FIGURA 19).

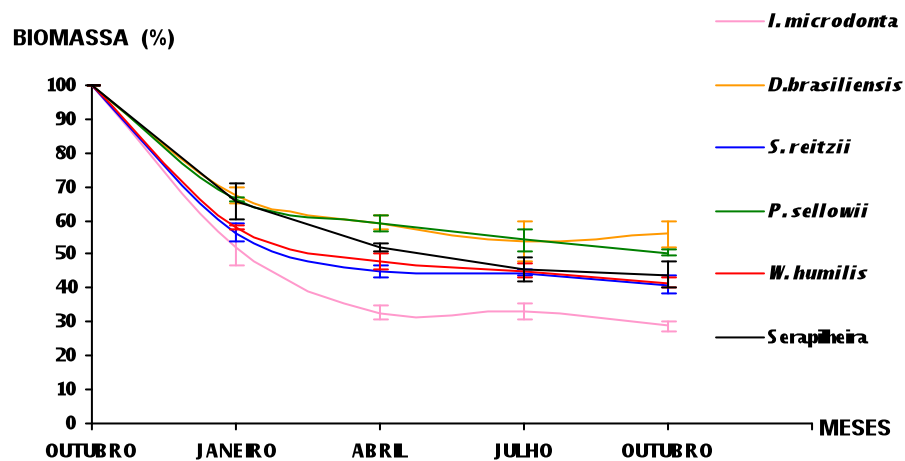


FIGURA 19 - Biomassa foliar média remanescente em cada período de coleta (em porcentagem da biomassa inicial) e respectivos desvios padrões.

Observando-se a figura, percebe-se que, independente da biomassa foliar remanescente, todas as espécies apresentaram o mesmo padrão de curva, uma acentuada perda de biomassa na fase inicial, que coincide com o verão, e uma menor perda relativa no segundo trimestre (outono). No período de inverno, a curva quase que estabiliza, havendo um ligeiro aumento de perda de biomassa no último período (primavera).

Este comportamento está relacionado com o fato de que a decomposição normalmente se dá mais rapidamente nos períodos mais quentes e úmidos (primavera/verão), quando a atividade biológica no solo é favorecida (ANDRAE, 1978; POGGIANI, 1992).

A correlação entre a perda de biomassa e a temperatura e a precipitação foi bastante alta, só que a baixos níveis de significância (ANEXO 7).

Contudo, é perfeitamente compreensível que a velocidade de decomposição do material seja maior nos primeiros meses, mesmo que estes não coincidam com a época

de maior calor e umidade, já que os componentes de fácil liberação serão utilizados pelos agentes decompositores antes que os de difícil ruptura.

A equação de decomposição foi ajustada pelo modelo múltiplo  $Y=a*X^b$ , encontrando-se:

$$Y = 7,860812 \times X^{-0,251428}$$

onde Y é a biomassa remanescente calculada em função do número de meses após a implantação do experimento (X). Estimou-se o coeficiente *a* em 7,860812, com erro de 0,0707887, e o coeficiente *b* em -0,251428, com erro de 0,036054. O modelo apresentou um coeficiente de correlação (*r*) de -0,583919, considerando-se um erro de 0,183914.

Apesar de as curvas de decomposição dos seis conjuntos foliares apresentarem o mesmo padrão comportamental, a perda de biomassa em cada um dos conjuntos é estatisticamente diferente (TABELA 28).

TABELA 28 - Valores médios de biomassa foliar (em g) em cada período de coleta.

Espécie	Outubro	Janeiro	Abril	Julho	Outubro
<i>Drimys brasiliensis</i>	10,00	6,740 B	5,930 D	5,373 C	5,605 C
<i>Ilex microdonta</i>	10,00	5,208 A	3,265 A	3,328 A	2,880 A
<i>Podocarpus sellowii</i>	10,00	6,620 B	5,935 D	5,420 C	5,050 C
<i>Siphoneugena reitzii</i>	10,00	5,640 A	4,500 B	4,463 B	4,095 B
<i>Weinmannia humilis</i>	10,00	5,805 A	4,793 BC	4,520 B	4,160 B
Serapilheira	10,00	6,585 B	5,198 C	4,548 B	4,390 B

Obs: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Utilizando-se os valores de biomassa, calculou-se os coeficientes de decomposição *k'* e *k* de JENNY *et al.* (1949) e OLSON (1963) para cada trimestre e acumulado e posteriormente, com o coeficiente *k*, estimou-se o tempo médio para a decomposição de 50, 95 e 99% do material (TABELAS 29 e 30).

Analisando as TABELAS 29 e 30, percebe-se em um extremo, com médias estatisticamente iguais, *D. brasiliensis* e *P. sellowii*, que apresentam coeficientes de decomposição *k* inferior a 1, e que, após um ano, não atingiram o estágio de meia vida ( $t_{50\%} > 1$ ), demonstrando uma decomposição bastante lenta (DE VUONO *et al.*, 1989).

TABELA 29 - Coeficiente de decomposição k' e k para um ano de observação.

Tempo de decomposição (meses)	Biomassa final (em % da B. inicial)	k' (acumulado)	k	k' (de 3 em 3 meses)	k
<i>Drimys brasiliensis</i>					
0	100	0	0	0	0
3	67	0,33	0,39	0,33	0,40
6	59	0,41	0,52	0,12	0,13
9	54	0,46	0,62	0,08	0,09
12	56	0,44	0,58	-0,04	-0,04
<i>Ilex microdonta</i>					
0	100	0	0	0	0
3	52	0,48	0,65	0,48	0,65
6	33	0,67	1,12	0,37	0,45
9	33	0,67	1,10	0,00	0,00
12	29	0,71	1,24	0,12	0,13
<i>Podocarpus sellowii</i>					
0	100	0	0	0	0
3	62	0,38	0,48	0,38	0,48
6	59	0,41	0,52	0,05	0,05
9	54	0,46	0,61	0,08	0,09
12	51	0,50	0,68	0,06	0,06
<i>Siphoneugena reitzii</i>					
0	100	0	0	0	0
3	56	0,44	0,57	0,44	0,58
6	45	0,55	0,80	0,20	0,22
9	45	0,55	0,81	0,00	0,00
12	41	0,59	0,89	0,09	0,09
<i>Weinmannia humilis</i>					
0	100	0	0	0	0
3	58	0,42	0,54	0,42	0,54
6	48	0,52	0,74	0,17	0,19
9	45	0,55	0,79	0,06	0,06
12	42	0,58	0,88	0,07	0,07
Serapilheira					
0	100	0	0	0	0
3	66	0,34	0,42	0,34	0,42
6	52	0,48	0,65	0,21	0,24
9	45	0,55	0,79	0,13	0,14
12	44	0,56	0,82	0,02	0,02

TABELA 30 - Estimativa do tempo médio para decomposição de 50, 95 e 99% do material foliar.

Espécie	t <sub>50%</sub> (-ln 0,5)/k	nº dias 50%	t <sub>95%</sub> 3,0/k	nº dias 95%	t <sub>99%</sub> 5,0/k	nº dias 99%
<i>Drimys brasiliensis</i>	1,20	437	5,18	1.891	8,64	3.152
<i>Ilex microdonta</i>	0,56	203	2,41	880	4,02	1.466
<i>Podocarpus sellowii</i>	1,01	370	4,39	1.603	7,32	2.671
<i>Siphoneugena reitzii</i>	0,78	283	3,36	1.226	5,60	2.044
<i>Weinmannia humilis</i>	0,79	288	3,42	1.248	5,70	2.081
Serapilheira	0,84	307	3,64	1.330	6,07	2.217

Em um patamar intermediário estão *W. humilis* e *S. reitzii*, juntamente com a serapilheira, que, apesar de terem atingido a meia vida, também apresentam o coeficiente de decomposição menor do que 1.

No outro extremo, apresentando um comportamento diferente de todos os outros conjuntos, encontra-se *I. microdonta*, única espécie com coeficiente de decomposição superior a 1, e que, entre 3 a 6 meses de estudo, atingiu o estágio de meia vida, chegando ao final de um ano com menos de 30% de biomassa foliar remanescente.

Excetuando-se *I. microdonta*, a taxa de decomposição foi baixa para todas as espécies estudadas. TANNER (1981) sugere que a menor taxa de decomposição em florestas altomontanas em relação às florestas de pisos altitudinais inferiores pode ser resultante das menores temperaturas, das diferentes características foliares e das diferenças de relação d'água. Já GRUBB (1977) cita que a baixa taxa de decomposição nas altas altitudes além de resultar das baixas temperaturas, também é consequência da baixa radiação solar causadas pela densa cobertura de nuvens.

HAAG *et al.* (1985) colocam que o coeficiente k para a decomposição da serapilheira fina em floresta tropicais varia de 1,1 a 3,8, valores que evidenciam um tempo curto de permanência da matéria orgânica no piso florestal, enquanto que em florestas temperadas o k varia de 0,4 a 1,4, evidenciando um longo período de permanência da matéria orgânica no solo.

Segundo UNESCO (1978) a maioria das folhas de florestas tropicais decompõe em 6 meses; este valor sobe para 19 meses se consideradas também as florestas subtropicais.

A temperatura e a umidade afetam a decomposição do material de modo que, normalmente, a liberação de nutrientes é mais alta na estação chuvosa devido ao aumento da velocidade de decomposição da serapilheira e da lixiviação (HAAG *et al.*, 1985). UNESCO (1978) também cita que as altas taxas estão relacionadas com altas temperaturas e alta umidade, que possibilitam a alta atividade biológica. JENNY *et al.* (1949), observando a decomposição em alguns ambientes, concluíram que o material precisa de umidade e calor para decompor.

Solos úmidos e ácidos causam baixas taxas de decomposição e mineralização e altas quantidades de carbono no solo e alta relação C/N estão relacionados com baixas taxas de decomposição (EDWARDS, 1977).

KUITERS (1990) coloca que as características do sítio como taxa de mineralização, taxa de nitrificação e quantidade de nutrientes no solo são altamente influenciadas pelos grupos de fenóis, refletindo na durabilidade, senescência e decomposição do tecido foliar.

As diferenças entre os conjuntos foliares estudados não estão relacionadas com os fatores pedo-climáticos nem com a atividade biológica, já que o material foi colocado no mesmo ambiente, demonstrando que diferentes composições químicas e estruturais resultam em diferentes velocidades de decomposição no mesmo ecossistema, sobre as mesmas condições ambientais. Contudo, os valores de correlação entre a taxa de decomposição e os conteúdos iniciais de macronutrientes, carbono, relação C/N e compostos orgânicos foram bastante baixos, em função do baixo número de repetições (ANEXO 8).

As diferenças entre os teores de macronutrientes, carbono e compostos orgânicos entre os conjuntos foliares pode ser verificada na TABELA 31.

TABELA 31 - Composição química (macronutrientes, carbono e compostos orgânicos) das folhas em fase de abscisão das espécies selecionadas e da fração foliar da serapilheira.

Espécie	N g/kg	P g/kg	K g/kg	Ca g/kg	Mg g/kg	C g/kg	C/N	extrativos %	lignina %	holocelulose %
<i>I. microdonta</i>	12,0	0,6	6,8	8,5	3,1	387,9	32,33	50,72	18,79	30,49
<i>D. brasiliensis</i>	10,9	0,7	6,4	8,5	3,6	364,8	33,59	37,99	31,24	30,77
<i>P. sellowii</i>	14,0	0,9	4,8	11,8	1,4	424,4	30,31	45,49	20,01	34,50
<i>S. reitzii</i>	12,6	0,7	7,8	8,8	1,5	368,5	29,25	38,56	31,61	29,88
<i>W. humilis</i>	18,8	1,2	5,3	12,6	3,5	357,8	19,03	48,46	28,74	28,79
Serapilheira	12,9	0,5	3,0	12,4	2,3	369,9	28,67	29,90	33,66	36,43

Pode-se observar pela tabela acima que apesar de *I. microdonta* apresentar relação C/N alta é a espécie de maior velocidade de decomposição devido ao baixo teor de lignina, 18,8%. Já as espécies com taxa de decomposição intermediária possuem os menores valores de C/N e as maiores concentrações de N.

*P. sellowii* apresenta alto teor de C (> 42%), o que também está diretamente relacionado com a composição da celulose, hemicelulose e lignina, e é possivelmente a causa da lenta velocidade de decomposição desta espécie.

*D. brasiliensis* além de apresentar o menor teor de N e a maior relação C/N, fato que influencia positivamente na baixa taxa de decomposição (GALVÃO *et al.*, 1992),



somando-se as porcentagens de lignina e holocelulose, chega-se a mais de 60% de compostos de difícil decomposição.

Segundo JORDAN (1985), estudos de nitrogênio e carbono nos solos orgânicos ao longo de gradientes altitudinais realizados na Tailândia por YODA & KIRA (1969)<sup>4</sup> e na Colômbia por ALEXANDER & PICHOTT (1979)<sup>5</sup> sugerem que a diminuição da taxa de decomposição em função do aumento de altitude, pode causar deficiência de N em florestas altomontanas.

A produção de substâncias fenólicas é altamente variável entre espécies de plantas, mas também é controlada pelas condições ambientais, podendo aumentar com a radiação solar, resultando em maiores conteúdos de fenóis nas folhas expostas ao sol. Essas substâncias são lixiviadas do dossel da floresta pelas chuvas, fazendo com que a serapilheira seja normalmente rica em fenóis que são incorporados ao solo pela lixiviação e decomposição. Uma vez incorporadas, elas interferem no crescimento da vegetação principalmente em solos ácidos, com baixo pH. Assim, plantas que crescem em ambientes ácidos, pobres em nutrientes, possuem altos níveis de fenóis nos tecidos foliares e radiculares, que retornam ao solo pela serapilheira, inibindo a decomposição e finalmente a ciclagem de nutrientes, deteriorando a qualidade do sítio pela constante adição de fenóis (KUITERS, 1990).

---

<sup>4</sup>YODA, K. & KIRA, T.. 1969. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. V. Accumulation and turnover of soil organic matter, with notes on the altitudinal soil sequence on Khao (Mt.) Luang peninsular Thailand. *Nature and Life in Southeast Asia*, 6:83-112.

<sup>5</sup>ALEXANDER, E. B. & PICHOTT, J.. 1979. Soil organic matter in relation to altitude in equatorial Colombia. *Turrialba*, 29:183-188.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, foi possível chegar às seguintes conclusões:

Os solos da floresta altomontana do morro do Anhangava são bastante rasos, pouco desenvolvidos, com acúmulo de matéria orgânica. Apresentam homogeneidade pedológica, baixa saturação por bases e altos teores de alumínio trocável.

A floresta altomontana do morro do Anhangava apresenta pelo menos 24 espécies, sendo *Ilex microdonta* (Aquifoliaceae) *Blepharocalyx salicifolius* (Myrtaceae) e *Siphoneugena reitzii* (Myrtaceae) as espécies principais. As famílias com maior número de espécies são Myrtaceae, Lauraceae, Aquifoliaceae e Cunoniaceae.

A floresta altomontana é bastante densa, formada por grande número de indivíduos de fuste finos e tortuosos, compondo apenas um estrato. Apesar das condições adversas do ambiente, a área basal é surpreendentemente alta, decorrente da alta densidade da floresta.

Em função da produção média de serapilheira na floresta estudada ser de 4,5 ton./ha/ano, pôde-se concluir que a quantidade de serapilheira depositada nas florestas altomontanas é menor que nas florestas de pisos altitudinais inferiores, contudo é semelhante à deposição em florestas que ocorrem em condições adversas.

As folhas representaram a maior porção da serapilheira depositada, sendo que as folhas de *Ilex microdonta* Reissek representaram quase metade da produção de folhas.

A deposição de serapilheira mostrou-se sazonal, impulsionada especialmente pelas folhas. A maior produção de um ano para o outro está relacionada com a maior amplitude da pluviosidade, maiores valores de precipitação e menores valores de temperatura.

*Ilex microdonta* é, entre as espécies estudadas, a que apresenta maior taxa de decomposição o que pode estar relacionado com a baixa concentração de lignina nas folhas desta espécie. As demais espécies, juntamente com a fração foliar da serapilheira, possuem  $k < 1$ , sendo a ordem decrescente da taxa de decomposição: *Ilex microdonta* > *Weinmannia humilis* > *Siphoneugena reitzii* > Serapilheira > *Podocarpus sellowii* > *Drimys brasiliensis*.

A decomposição foliar no ambiente altomontano é bastante lenta quando comparada com florestas tropicais, contudo, é mais rápida que em florestas temperadas e similar a florestas que ocorrem em solos pobres e em ambientes adversos ao desenvolvimento da vegetação como as restingas e as caatingas.

Apesar de a concentração de nutrientes nas folhas juntamente com a porcentagem dos compostos orgânicos variar de espécie para espécie, todas apresentaram baixa concentração de N e alta relação C/N, o que também está relacionado com baixas taxas de decomposição.

Recomenda-se, como continuidade desse trabalho, a avaliação da decomposição da serapilheira concomitantemente com a deposição de serapilheira, objetivando a verificação da serapilheira acumulada e a estimativa da biomassa em pé na floresta.

Por ocorrerem em regiões de condições climáticas e pedológicas bem específicas, as florestas altomontanas devem ser preservadas, protegendo os recursos hídricos, os solos nestes locais de alta precipitação evitando a erosão, os recursos genéticos endêmicos destes ambientes e os elementos paisagísticos.

Deve-se observar a manutenção da matéria orgânica sobre os solos, pois essa é a garantia de fertilidade, e portanto, de desenvolvimento da vegetação. Grande parte dos nutrientes da floresta está conservado na própria vegetação e não no solo, sendo que a sua conservação propicia a permanência dos nutrientes no ecossistema.

## **ANEXOS**



## ANEXO 2

### Comparação da deposição de serapilheira, de nutrientes e da decomposição de serapilheira em diferentes ecossistemas.

Tipo Florestal	Local	Lat. / long.	Alt. (m)	Temp. (°C)	Prec. (mm)	Altura dossel (m)	Dens. (ind./ha)	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	pH solo (CaCl <sub>2</sub> )	Decomposição		Deposição		Nutrientes depositados pela serapilheira					Observações	Fonte
										t <sub>50%</sub> (dias)	k foliar	Folhas % (kg/ha/ano)	Total (kg/ha/ano)	N	P	K	Ca	Mg		
FOM	São Mateus do Sul, PR, BR	25°52'S 50°23'W	760	17								62,2	6,5	89,2	5,7	31,9	62,6	15,8	>dep. ago-nov (est. chuvosa, >temp.) <dep. jun	BRITZ <i>et al.</i> 1992
FESciliar	Lençóis Paulistas, SP, BR	22°48'S 48°55'W	670	20,5	1200	25-30		69,5	4			63,8	10,5	202,5	11,25	71,9	239,6	31,2	>dep. ago-nov fest. seca/fria	CARPANEZZI 1980
FESsec	São Paulo, Sp, BR	23°33'S 46°43'W	735-765							234	1,08	62,77	9,4	156,0	9,4	38,0	104,5	18,2	sem sazonalidade	MEGURO <i>et al.</i> 1979, 1980
FES	Brasil Rio Claro, SP	22°S 47°W	630	20					5,0-6,1	219 ser. total	1,15 ser. total	62	8,6	197,7	6,8	48,3	148,9	27,3	>dep. est. seca (ago-out)>ago	PAGANO 1989 a,b
FES	Fênix, PR, BR	23°5'S 51°5'W	350	24,5	1517	20-25			5,1-6,5	266	1,64	58,8	9,01	160,7	9,2	69,2	216,6	35,6	>dep. nov (fim est. seca) <mai (fim est. chuva)	SANTOS 1989
FES	Anhembi, SP, BR	22°40'S 48°10'W	500							238 ser. total	1,06 ser. total	64,7	8,8	203,4	6,4	43,5	109,2	24,0	>dep. est. seca >set	CESAR 1993 a,b
FES	Teodoro Sampaio, SP, BR	22°31'S 52°10'W	320	22,3	1382				4,3-5,5	358 ser. total	1,02 ser. total	62,58	7,6						>dep. set (fim est. seca)	SCHLINTTLER <i>et al.</i> 1993 a,b
FESMo	Parobé, RS, BR	29°42'S 50° 51'W	140-160	Cfa	1344	15 10						69,1 70,9	9,0 5,5	99 76	2,4 1,5		181 68		>dep. primavera	MELLO 1995
FESMo	Lavras, MG, BR	14°4'S 44°6'W	925									69	7,8						>dep. set--fev (est. chuvosa)	DIAS & OLIVEIRA FILHO 1997
FOD	Manaus, AM, BR					25						81 71,6	7,9 6,7	113,9 97,2	2,28 2,0	13,4 11,9	17,9 18,6	13,8 11,4	>dep. est. seca (jun- out)>set	KLINGE & RODRIGUES 1968 a,b
FODplatô baixo capoeira	Manaus, AM, BR	02°34'S 60°07'W			2130				4-4,5	113 182 88	2,26 1,37 2,94	60 63 85,2	7,4 6,5 6,1	1,78% (concentração inicial de nutrientes)	0,07%	0,35%	1,22%	0,12%	>dep. est. seca (jun-out)	LUIZÃO 1982
FODSmo	Guarujá, Sp, BR	24°S 46°W	140		2050				3-4	305	0,83	63,6	7,9						sem sazonalidade	VARJABEDIAN & PAGANO 1988
FOD	Paranapiacaba Sp, BR	23°5'S 46°2'W	750-890							527 506	0,48 0,53								comparação entre 2 áreas	DE VUONO <i>et al.</i> 1989

... ANEXO 2  
Continuação.

Tipo Florestal	Local	Lat. / long.	Alt. (m)	Temp. (°C)	Prec. (mm)	Altura dossel (m)	Dens. (ind./ha)	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	pH solo	Decomposição		Deposição		Nutrientes depositados pela serapilheira					Observações	Fonte
										t <sub>50%</sub> (dias)	k foliar	Folhas % (kg/ha/ano)	Total (kg/ha/ano)	N	P	K	Ca	Mg		
FODMo	Brasil Rio de Janeiro (f. Tijuca)	25°57'S 43°18'W	750	22	2300					158 ser. total	1,60 ser. total	74,6	8,9	-	-	55,0	77,0	27,0	> dep. dez, fev, abr, jul, nov	OLIVEIRA & LACERDA 1993
FODSmo FPMa	Cananéia, SP, BR	25°12'S 47°01'W							<5,0	285 434 ser. total	0,89 0,58 ser. total			1,4 0,79	0,05 0,03	0,13 0,07	1,13 1,00	0,26 0,27		REBELO 1994
FPMab FPMaa	Paranaguá, PR, BR	25°3'S 48°20'W	nível do mar	21	2000	7,0 9,7	2797 1663	24,06 36,33	3,4-4,2			61,5 59,3	5,2 7,7	39,3 82,4	1,2 2,4	17,5 27,7	35,4 50,9	12,9 18,2	>dep. nov-dez (est. úmida) <dep. jun-ago	SILVA 1990; BRITTEZ 1994
FODAlt	Mérida, Venezuela									263	0,98	48	6,97	69,0	4,0	33,0	43,0	14,0	>dep. maio	FASSBENDER & GRIMM 1981
FODAlt	Quatro Barras, PR, BR	25°2'S 49°W	1300	13,8	2255	4,6	4830	41,87	3,3 - 3,8	307	0,82	63	4,5	57,06	3,20	13,76	57,97	9,81	>dep. set-nov (fim est. fria) <dep. mai-jul	Este estudo

Legenda: FOM - Floresta Ombrófila Mista; FES - Floresta Estacional Semidecidual; FESMo - Floresta Estacional Semidecidual Montana; FESCiliar - Floresta Estacional Semidecidual ciliar; FESsec - Floresta Estacional Semidecidual secundária; FOD - Floresta Ombrófila Densa; FPMab - Formação Pioneira com Influência Marinha - restinga baixa; FPMaa - Formação Pioneira com Influência Marinha - restinga alta; FPMa - Formação Pioneira com Influência Marinha; FODSmo - Floresta Ombrófila Densa Submontana; FODMo. - Floresta Ombrófila Densa Montana; FODAlt - Floresta Ombrófila Densa Altomontana.

## ANEXO 3

Densidade, área basal, deposição total e deposição de folhas por parcela.

Parcela (50 m <sup>2</sup> )	Densidade (nº ind./parcela)	Área basal (m <sup>2</sup> /parcela)	Deposição total (kg/ha)	Deposição de folhas (kg/ha)
1	34	0,2055	790,88	311,14
2	31	0,1844	848,09	268,69
3	45	0,2600	831,07	272,37
4	28	0,2142	732,40	244,49
5	18	0,1220	726,98	225,92
6	15	0,2220	545,05	188,29
7	10	0,1443	519,55	199,61
8	14	0,3407	838,08	294,16
9	22	0,2641	908,40	264,80
10	11	0,1620	702,35	229,91
11	32	0,1341	837,66	302,78
12	33	0,1682	672,22	238,35
13	27	0,2193	1027,32	286,20
14	23	0,1386	937,00	311,38
15	20	0,2176	682,78	208,13
16	26	0,3468	920,30	219,65
17	19	0,2082	740,81	241,53
18	23	0,2412	866,54	302,56
19	33	0,2486	573,52	178,12
20	19	0,1449	693,52	216,81

Coeficientes de correlação (r) e nível de significância (p) entre densidade, área basal e produção de serapilheira.

Compartimento	Densidade (nº ind./parcela)		Área basal (m <sup>2</sup> /parcela)	
	r	p	r	p
Folhas	0,3318	0,1529	0,0311	0,8965
Total	0,3142	0,1773	0,2938	0,2087



## ANEXO 4

## Produção mensal por compartimento (x) e respectivos desvios padrões (s).

Ano	Meses	Folha		F. Caúna		Flor		Fruto		Ramo		Casca		Epífita		Misc.		Total	
		x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s
1994	out.	296,5 ± 112,0		255,9 ± 131,5		8,9 ± 6,2		8,7 ± 9,7		204,6		13,65		44,0 ± 49,8		26,7 ± 14,3		858,9 ± 323,0	
	nov.	207,8 ± 100,2		123,6 ± 96,3		4,3 ± 2,9		2,8 ± 2,5		134,2		12,13		24,6 ± 18,5		21,5 ± 13,5		530,9 ± 186,8	
	dez.	138,1 ± 90,3		115,1 ± 72,0		32,3 ± 61,7		3,7 ± 4,0		39,5 ± 25,8		4,7 ± 7,7		8,8 ± 7,3		12,0 ± 5,0		354,1 ± 118,7	
1995	jan.	113,5 ± 70,2		46,5 ± 25,2		13,4 ± 29,7		10,9 ± 10,6		31,2 ± 38,5		2,5 ± 3,3		4,9 ± 4,4		5,7 ± 4,2		228,6 ± 103,3	
	fev.	115,4 ± 71,1		41,6 ± 26,7		8,6 ± 20,9		85,8 ± 76,5		227,0 ± 383,8		7,1 ± 7,4		35,5 ± 50,9		13,4 ± 10,6		534,4 ± 465,7	
	mar.	111,6 ± 82,3		47,4 ± 27,1		4,0 ± 6,4		67,0 ± 49,7		85,1 ± 56,0		2,5 ± 3,2		9,7 ± 13,9		14,2 ± 13,8		341,4 ± 127,6	
	abr.	69,6 ± 31,3		33,7 ± 25,7		1,5 ± 2,6		15,6 ± 22,7		67,2 ± 60,2		1,9 ± 2,1		4,0 ± 3,7		7,8 ± 4,6		201,4 ± 79,6	
	mai.	83,8 ± 24,9		48,3 ± 42,2		0,8 ± 0,8		6,0 ± 9,1		11,8 ± 8,2		1,3 ± 2,0		1,4 ± 0,7		1,9 ± 1,2		155,3 ± 31,2	
	jun.	69,3 ± 25,6		43,7 ± 37,4		0,6 ± 0,6		2,6 ± 3,7		91,9 ± 90,1		1,5 ± 1,4		5,7 ± 3,2		2,9 ± 2,1		218,1 ± 106,5	
	jul.	69,1 ± 47,3		50,3 ± 32,3		0,1 ± 0,2		2,0 ± 1,9		32,9 ± 18,8		1,2 ± 2,6		1,6 ± 1,2		3,8 ± 1,8		161,0 ± 63,4	
	ago.	123,2 ± 60,4		206,2 ± 158,3		2,0 ± 4,0		3,2 ± 4,1		46,6 ± 33,2		4,1 ± 8,5		6,9 ± 6,5		6,4 ± 6,3		398,6 ± 154,9	
	set.	202,6 ± 93,6		246,4 ± 198,8		4,5 ± 4,6		4,3 ± 6,2		135,5 ± 68,5		6,0 ± 4,7		20,8 ± 16,6		10,4 ± 3,6		630,5 ± 152,5	
	out.	145,5 ± 60,6		132,5 ± 69,6		9,7 ± 6,6		5,8 ± 5,2		50,9 ± 27,2		2,7 ± 1,0		8,8 ± 4,4		8,5 ± 3,9		364,1 ± 68,1	
	nov.	174,6 ± 63,2		119,8 ± 83,9		6,6 ± 16,1		19,1 ± 44,5		48,8 ± 49,6		3,9 ± 4,1		12,3 ± 21,0		11,1 ± 7,2		396,2 ± 102,6	
	dez.	304,9 ± 123,1		88,7 ± 67,3		4,7 ± 10,5		19,8 ± 52,4		144,5 ± 152,5		8,4 ± 18,8		10,2 ± 9,5		12,9 ± 5,9		594,1 ± 171,2	
1996	jan.	200,8 ± 66,2		35,5 ± 25,9		2,1 ± 3,8		10,8 ± 22,0		52,0 ± 52,2		5,5 ± 11,2		5,1 ± 5,6		9,6 ± 5,5		321,4 ± 92,8	
	fev.	103,9 ± 48,2		41,8 ± 32,2		5,3 ± 17,1		12,4 ± 17,8		126,8 ± 73,9		3,5 ± 4,1		14,1 ± 20,2		6,2 ± 3,3		314,1 ± 111,9	
	mar.	123,9 ± 66,7		17,7 ± 14,8		2,1 ± 4,8		9,6 ± 13,3		54,1 ± 48,8		4,7 ± 10,5		5,7 ± 4,8		10,6 ± 6,9		228,3 ± 78,6	
	abr.	74,3 ± 41,5		25,8 ± 25,6		1,8 ± 3,3		4,0 ± 5,0		32,4 ± 57,5		2,9 ± 5,8		14,7 ± 32,6		2,9 ± 1,8		158,8 ± 73,7	
	mai.	67,6 ± 33,2		22,3 ± 16,5		1,1 ± 1,6		2,8 ± 2,3		27,7 ± 26,2		1,5 ± 1,8		4,6 ± 6,4		2,2 ± 1,7		129,8 ± 34,0	
	jun.	46,0 ± 17,8		27,2 ± 20,5		0,5 ± 0,5		3,2 ± 5,3		51,0 ± 39,9		1,3 ± 1,6		4,8 ± 7,5		2,0 ± 2,8		136,0 ± 43,9	
	jul.	43,3 ± 21,2		43,6 ± 35,3		0,5 ± 0,6		3,0 ± 4,2		41,6 ± 57,1		3,2 ± 4,4		6,0 ± 6,9		5,9 ± 3,6		147,1 ± 77,0	
	ago.	107,1 ± 40,3		136,6 ± 101,5		0,2 ± 0,3		2,0 ± 4,1		39,4 ± 24,7		2,3 ± 3,4		6,3 ± 5,7		9,2 ± 3,7		303,1 ± 96,5	
	set.	81,7 ± 38,4		120,1 ± 90,3		0,1 ± 0,2		2,2 ± 2,7		107,2 ± 121,5		4,5 ± 5,7		19,6 ± 25,9		3,8 ± 2,0		339,1 ± 151,3	
	out.	171,5 ± 69,5		180,3 ± 111,5		2,9 ± 3,7		9,9 ± 11,0		151,3 ± 207,3		3,9 ± 5,4		29,4 ± 46,1		6,1 ± 3,1		555,2 ± 296,7	
	nov.	273,1 ± 115,8		282,6 ± 226,1		16,6 ± 26,0		52,9 ± 90,5		94,9 ± 76,6		1,6 ± 1,7		15,7 ± 17,7		6,4 ± 3,8		743,7 ± 204,0	
	dez.	277,2 ± 150,3		208,3 ± 153,7		3,4 ± 4,7		60,2 ± 95,5		367,4 ± 407,2		7,2 ± 8,6		69,7 ± 90,8		24,6 ± 16,9		1018,0 ± 527,3	
1997	jan.	198,4 ± 109,0		76,3 ± 55,0		11,3 ± 37,1		31,6 ± 30,2		102,0 ± 95,2		4,4 ± 4,6		19,1 ± 20,8		10,6 ± 6,1		453,6 ± 203,1	
	fev.	135,2 ± 81,1		26,1 ± 17,4		5,8 ± 12,9		14,2 ± 14,6		31,8 ± 59,9		1,7 ± 3,0		10,1 ± 19,6		6,0 ± 4,0		230,5 ± 112,6	
	mar.	114,9 ± 47,8		21,8 ± 13,4		0,9 ± 2,6		19,6 ± 28,4		88,3 ± 115,0		6,2 ± 10,1		20,4 ± 24,3		12,9 ± 10,3		284,6 ± 129,6	

Obs: Como inicialmente a fração casca foi incluída na fração ramo, nos meses de outubro e novembro de 1994 não se tem os valores estatísticos para essas duas frações.

## ANEXO 5

Temperaturas, médias máximas e mínimas e precipitação para o Morro do Anhangava a 1.300 m de altitude no período de outubro de 1994 a março de 1997. Valores da estação Canguiri do IAPAR corrigidos pelos dados de RODERJAN (1994).

Meses	Temperatura média (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Precipitação (mm)
outubro	13,9	17,6	11,6	143,98
novembro	14,9	18,6	12,6	190,48
dezembro	17,1	20,6	14,7	312,08
janeiro	17,8	20,9	16,1	492,88
fevereiro	16,6	19,1	15,0	197,78
março	15,3	18,1	13,4	135,58
abril	13,4	17,5	10,4	95,38
maio	10,8	14,4	8,2	63,38
junho	10,5	13,9	7,9	124,48
julho	11,8	15,7	8,7	152,18
agosto	12,6	17,2	8,7	87,58
setembro	11,1	13,9	8,2	191,78
outubro	12,1	14,9	9,5	174,48
novembro	14,9	18,3	12,2	109,78
dezembro	15,9	19,5	13,0	211,88
janeiro	17,5	20,6	15,2	245,68
fevereiro	16,9	19,7	15,3	285,38
março	15,7	17,8	14,0	237,78
abril	14,3	16,9	12,4	80,78
maio	10,8	14,3	8,3	40,48
junho	8,8	11,1	6,7	160,68
julho	7,4	10,5	4,9	119,48
agosto	9,5	14,2	5,9	121,88
setembro	10,4	12,4	8,8	228,38
outubro	13,2	15,7	11,4	234,08
novembro	14,1	16,8	12,4	177,28
dezembro	16,9	20,0	14,9	387,88
janeiro	16,8	19,1	15,3	377,38
fevereiro	17,3	20,0	15,9	192,58
março	14,8	17,6	13,0	64,58
média	13,8	16,9	11,5	2255,20
média1995	13,6	17,0	10,9	2037,16
máximo1995	17,8	20,9	16,1	492,88
mínimo1995	10,5	13,9	7,9	63,38
média1996	13,0	15,8	10,9	2319,76
máximo1996	17,5	20,6	15,3	387,88
mínimo1996	7,4	10,5	4,9	40,48

## ANEXO 6

Coefficientes de correlação (r) e nível de significância (p) entre deposição de serapilheira por fração e temperatura e precipitação.

Compartimento	Temperatura média		Temperatura máxima		Temperatura mínima		Precipitação	
	r	p	r	p	r	p	r	p
Folha	0,4672	0,0092	0,4811	0,0071	0,4309	0,0174	0,3434	0,0632
Folha de <i>I. microdonta</i>	-0,0663	0,7277	-0,0251	0,8952	-0,1033	0,5871	0,1040	0,5843
Folha + folha de <i>I. microdonta</i>	0,2108	0,2636	0,2413	0,1989	0,1707	0,3672	0,2409	0,1997
Flor	0,4813	0,0071	0,4739	0,0082	0,4719	0,0085	0,4796	0,0073
Fruto	0,4487	0,0129	0,3905	0,0329	0,4782	0,0075	0,2093	0,2670
Ramo	0,2882	0,1225	0,2587	0,1675	0,3039	0,1026	0,3463	0,0609
Casca	0,2813	0,1321	0,3069	0,0990	0,2611	0,1634	0,1263	0,5060
Epífita	0,2975	0,1104	0,2577	0,1692	0,3266	0,0782	0,3220	0,0827
Miscelânea	0,4289	0,0180	0,4666	0,0093	0,3948	0,0309	0,2492	0,1843
Total	0,3238	0,0808	0,3251	0,0796	0,3073	0,0986	0,3354	0,0700

## ANEXO 7

Coeficientes de correlação (r) e níveis de significância (p) entre decomposição do material foliar e temperatura e precipitação.

Espécie	Temperatura média		Temperatura máxima		Temperatura mínima		Precipitação	
	r	p	r	p	r	p	r	p
<i>Drimys brasiliensis</i>	0,9774	0,0226	0,9891	0,0109	0,9395	0,0605	0,6959	0,3041
<i>Ilex microdonta</i>	0,8528	0,1472	0,8590	0,1410	0,8236	0,1764	0,6841	0,3159
<i>Podocarpus sellowii</i>	0,8096	0,1904	0,9334	0,0666	0,7272	0,2728	0,4052	0,5948
<i>Siphoneugena reitzii</i>	0,8375	0,1625	0,8748	0,1252	0,7945	0,2055	0,6153	0,3847
<i>Weinmannia humilis</i>	0,8483	0,1517	0,9202	0,0798	0,7888	0,2112	0,5451	0,4549
Serapilheira	0,9127	0,0873	0,9664	0,0336	0,8587	0,1413	0,6031	0,3967

## ANEXO 8

Coefficientes de correlação (r) e níveis de significância (p) entre os coeficientes de decomposição k e k' e os conteúdos iniciais de nutrientes, carbono e relação carbono / nitrogênio.

Correlação Significância	r p	N	P	K	Ca	Mg	C	C/N	E	L	H	k	k'
<b>N</b>		1,000 0,000	0,872 0,024	-0,267 0,609	0,722 0,105	0,136 0,797	-0,145 0,784	-0,963 0,002	0,409 0,421	-0,020 0,970	-0,266 0,610	0,058 0,913	0,110 0,836
<b>P</b>			1,000 0,000	0,019 0,971	0,461 0,357	0,201 0,703	-0,078 0,883	-0,786 0,064	0,517 0,294	-0,077 0,885	-0,480 0,335	-0,209 0,691	-0,186 0,724
<b>K</b>				1,000 0,000	-0,837 0,038	0,055 0,917	-0,145 0,784	0,253 0,628	0,401 0,431	-0,162 0,760	-0,790 0,062	0,284 0,586	0,246 0,639
<b>Ca</b>					1,000 0,000	-0,136 0,797	0,102 0,847	-0,689 0,130	-0,107 0,840	0,115 0,829	0,464 0,354	-0,227 0,666	-0,157 0,766
<b>Mg</b>						1,000 0,000	-0,564 0,243	-0,166 0,754	0,250 0,633	0,087 0,869	-0,469 0,348	0,106 0,842	0,024 0,964
<b>C</b>							1,000 0,000	0,374 0,466	0,317 0,540	-0,768 0,075	0,461 0,358	-0,043 0,935	-0,038 0,943
<b>C/N</b>								1,000 0,000	-0,229 0,662	-0,214 0,684	0,292 0,574	-0,076 0,887	-0,135 0,798
<b>Extrativos (E)</b>									1,000 0,000	-0,798 0,057	-0,575 0,232	0,487 0,327	0,452 0,369
<b>Lignina (L)</b>										1,000 0,000	0,045 0,933	-0,432 0,392	-0,398 0,435
<b>Holoceluloses (H)</b>											1,000 0,000	-0,296 0,569	-0,260 0,619
<b>Coeficiente k</b>												1,000 0,000	0,993 0,000
<b>Coeficiente k'</b>													1,000 0,000

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, J. M. & SWIFT, J. M.. 1983. Decomposition in tropical forests. In: SUTTON, S. L., WHITEMORE, T. C. & CHADWICK, A. C. (ed.). *Tropical rain forest: ecology and management*. British Ecological Society, v. 2. Blackwell Scientific Publications, Oxford. p. 287 - 309.
- ANDRAE, F. H.. 1978. *Ecologia Florestal*. Imprensa Universitária, Santa Maria. 230 p.
- ARCHIBOLD, O. W.. 1995. *Ecology of World Vegetation*. Department of Geography, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada. Ed. Chapman & Hall. 1ª ed. 510 p.
- AREND, E.; VILLAQUIRÁN, A. & CALDERÓN, O.. 1991-1992. Caracterización de la vegetación secundaria en un área talada de la Selva Nublada, Estado Mérida. *Rev. For. Venez.*, 25-26(35-36):15-22.
- BIGARELLA, J. J.. 1978. *A serra do mar e a porção oriental do Estado do Paraná*. Governo do Estado do Paraná - ADEA, Curitiba. 249 p.
- BRAY, J. R. & GORHAM, E.. 1964. Litter production in the forests of the world. In: CRAAG, J. B. *Advances in Ecological Research*, 2:101-157.
- BRITZ, R.M., REISSMANN, C.B., SILVA, S.M. & SANTOS FILHO, A. 1992. Deposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de araucária, São Mateus do Sul, Paraná. In: *Anais do 2º Congresso Nacional de Essências Nativas*. São Paulo, p. 766 - 772.
- BRITZ, R. M.. 1994. *Ciclagem de nutrientes minerais em duas florestas da planície litorânea da Ilha do Mel, Paranaguá, PR*. Dissertação. Mestrado. Curso de Pós-graduação em Ciências do Solo do Setor de Ciências Agrárias da UFPR. Curitiba. 238 p.
- BRUIJNZEEL, L. A.. 1991. Nutrient input-output budgets of tropical forest ecosystems: a review. *Journal of Tropical Ecology*, 7:1-24.
- BRUIJNZEEL, L. A. & PROCTOR, J.. 1994. Hydrology and Biogeochemistry of Tropical Montane Cloud Forests: What do we really know? In: Tropical Montane Cloud Forests. *Ecological Studies*, vol. 110. Springer-Verlag, New York. p.38-78.
- BRUIJNZEEL, L. A. & VENEKLAAS, E. J.. 1998. Climatic conditions and Tropical Montane Forest productivity: the fog has not lifted yet. *Ecology*, 79(1):3-9.
- BYER, M. D. & WEAVER, P. L.. 1977. Early Secondary Succession in an Elfin Woodland in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Biotropica*, 9(1):35-47.
- CARPANEZZI, A. A.. 1980. *Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucaliptos no interior do Estado de São Paulo*. Dissertação. Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da USP. Piracicaba. 107 p.
- CAVALIER, J. & GOLDSTEIN, G.. 1989. Mist and fog interception in elfin cloud forests in Colombia and Venezuela. *Journal of Tropical Ecology*, 5:309-322.
- CESAR, O.. 1993a. Nutrientes minerais da serapilheira produzida na Mata Mesófila Semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. *Rev. Brasil. Biol.*, 53(4):659-669.

- CESAR, O.. 1993b. Produção de serapilheira na Mata Mesófila Semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. *Rev. Brasil. Biol.*, 53(4):671-681.
- CORDANI, U. G. & GIRARDI, V. A. V.. 1967. Geologia da Folha de Morretes - Contribuição da Comissão da Carta Geológica do Paraná. *Boletim da Universidade Federal do Paraná, Instituto de Geologia*. nº 26. Curitiba. 40 p.
- DEAN, W.. 1996. *A ferro e fogo. A história e a devastação da Mata Atlântica Brasileira*. Tradução Cid Knipel Moreira. Companhia das Letras, São Paulo. 484 p.
- DELITTI, W. B. C.. 1995. Estudos de ciclagem de nutrientes: instrumentos para a análise funcional de ecossistemas terrestres. *Oecologia Brasiliensis*, 1:469-486.
- DE VUONO, Y. S. , DOMINGOS, M. & LOPES, M. I. M. S.. 1989. Decomposição da serapilheira e liberação de nutrientes na floresta da reserva biológica de Paranapiacaba, sujeita aos poluentes atmosféricos de Cubatão, São Paulo, Brasil. *Hoehnea*, 16:179-193.
- DIAS, H. C. T. & OLIVEIRA FILHO, A. T.. 1997. Variação Temporal e Espacial da Produção de Serapilheira em uma área de Floresta Estacional Semidecídua Montana em Lavras, MG. *Rev. Árv.*,21(1):11-26.
- EDWARDS, P. J.. 1977. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. II. The production and disappearance of litter. *Journal of Ecology*, 65:971-992.
- EDWARDS, P. J. & GRUBB, P. J.. 1977. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. I. The distribution of organic matter in the vegetation and soil. *Journal of Ecology*, 65:943-969.
- EDWARDS, P. J. & GRUBB, P. J.. 1982. Studies of mineral cycling in a montane rain forest in New Guinea. IV. Soil characteristics and the division of mineral elements between the vegetation and soil. *Journal of Ecology*, 70:649-666.
- EMBRAPA/SNLCS. 1979. *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro. [n.p.]
- EMBRAPA & IAPAR. 1984. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná. *Boletim de Pesquisa nº 27*. Tomo I e II. Londrina. 791 p.
- EMBRAPA, 1999. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: 5ª aproximação*. Serviço de Produção de Informação - SPI, Brasília - DF. 412 p.
- EWEL, J. J.. 1976. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest sucession in eastern Guatemala. *J. Ecol.*, 64:293-308.
- EWUSIE, J. Y.. 1980. *Elements of tropical ecology*. Heinemann Educational Books Ltd., London. 205 p.
- EZCURRA, E. & BECERRA, J.. 1987. Experimental Decomposition of Litter from the Tamaulipan Cloud Forest: A Comparison of Four Simple Models. *Biotropica*, 19(4):290-296.
- FALKENBERG, D. B. & VOLTOLINI, J. C.. 1994. The Montane Cloud Forest in Southern Brazil. In: Tropical Montane Cloud Forests. *Ecological Studies*, vol. 110. Springer-Verlag, New York. p.138-149.
- FASSBENDER, H. W. & GRIMM, U.. 1981. Ciclos bioquímicos en un ecosistema forestal de los Andes Occidentales de Venezuela. II. Producción y descomposición de los residuos vegetales. *Turrialba*, 31(1):39-47.
- GALVÃO, F. 1994. Métodos de Levantamento Fitossociológico. *A vegetação Natural do Estado do Paraná*. IPARDES, Curitiba. p. 24 - 33.

- GALVÃO, F., ZILLER, S. R. & BUFREM, A. M.. 1992. Decomposição de folhas de algumas espécies arbóreas. *Revista do Setor de Ciências Agrárias*, 11(1-2):161-168.
- GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; PORTES, M. C. G. de O. & VICENTINI, A.. 1999. Avaliação da deposição de serapilheira em diferentes fases serais de Floresta Ombrófila Mista. In: *50º Congresso Nacional de Botânica*, Blumenau/SC, p. 209. Resumo.
- GHANI, N. L. B.. 1996. *Caracterização morfológica, física, química, mineralógica, gênese e classificação de solos altimontanos derivados de riólito e migmatito da serra do mar - PR*. Dissertação. Mestrado. Curso de Pós-graduação em Ciências do Solo do Setor de Ciências Agrárias da UFPR. Curitiba. 174 p.
- GIODA, A.; MALEY, J.; GUASP, R. E. & BALADÓN, A. A.. 1994. Some Low Elevation Fog Forests of Dry Environments: Applications to African Paleoenvironments. In: *Tropical Montane Cloud Forests. Ecological Studies*, vol. 110. Springer-Verlag, New York. p.156-164.
- GONG, W. K. & ONG, J. E.. 1983. Litter production and decomposition in a coastal hill dipterocarp forest. In: SUTTON, S. L., WHITEMORE, T. C. & CHADWICK, A. C. (ed.). *Tropical rain forest: ecology and management*. British Ecological Society, v. 2. Blackwell Scientific Publications, Oxford. p. 275 - 285.
- GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I. & DUEVER, M. J.. 1978. *Ciclagem de minerais em um ecossistema de Floresta Tropical Úmida*. EPU/EDUSP, São Paulo. 256 p.
- GRUBB, P. J.. 1971. Interpretation of the 'Massenerhebung' Effect on the Tropical Mountains. *Nature*, 229(1):44-45.
- GRUBB, P. J.. 1977. Control of forest growth and distribution on Wet Tropical Mountains: with Special Reference to Mineral Nutrition. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 8:83-107.
- GRUBB, P. J.. 1989. The role of mineral nutrients in the tropics: a plant ecologist's view. In: PROCTOR, J.. *Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems*. Blackwell Sci. Publications. 417-439.
- HAAG, H. P.; VALERA, F. P.; CHIARANDA, R.; KIKUTI, P.; CHÁVEZ, J. M.; DONALD, E. L. F.; RIZZO, L. T. B. & RUEDA, J. L.. 1985. *Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais*. Fundação Cargill, Campinas. 144 p.
- HAMILTON, L.S.; JUVIK, J.O. & SCATENA, F.N.. 1994. The Puerto Rico Tropical Cloud Forest Symposium: Introduction and Workshop Synthesis. In: *Tropical Montane Cloud Forests. Ecological Studies*, vol. 110. Springer-Verlag, New York. p.1-23.
- HAMILTON, L. S.. 1995. Mountain cloud forest conservation and research: a synopsis. *Mountain Research and Development*, 15(3): 259-266.
- HEALEY, J. R.. 1989. A bioassay study of soils in the Blue Mountains of Jamaica. In: PROCTOR, J.. *Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems*. Blackwell Sci. Publications. 273-287.
- HEANEY, A. & PROCTOR, J.. 1989. Chemical elements in litter in forests on Volcán Barva, Costa Rica. In: PROCTOR, J.. *Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems*. Blackwell Sci. Publications. 255-271.
- HILDEBRAND, C.. 1976/1977. *Manual de análise química do solo e foliar para técnicos de laboratório*. Departamento de Fitotecnia e Fitosanitarismo da Setor de Ciências Agrárias da UFPR, Curitiba. 225 p. (mimeo).
- HOWARD, P. J. A. & HOWARD, D. M.. 1974. Microbial decomposition of tree and shrub leaf litter . 1 Weight loss and chemical composition of decomposing litter. *Oikos*, 25(3):341-352.
- HOWARD, R. A.. 1970. The "Alpine" Plants of the Antilles. *Biotropica*, 2(1):24-28.



- HUECK, K... 1972. *As florestas da América do Sul*. Brasília. Editora Universidade de Brasília. 466 p.
- IAPAR. 1992. *Manual de análise química de solo e controle de qualidade*. Circular nº 76. Londrina. 38 p.
- IAPAR. 1994. *Cartas climáticas do Estado do Paraná*. Documento nº 18. Londrina. 49 p.
- IBGE. 1992. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. *Série Manuais Técnicos em Geociências*, n. 1. Rio de Janeiro. 92 p.
- JENNY, H.; GESSEL, S. P. & BINGHAM, F. T.. 1949. Comparative study of decomposition rates of organic matter in Temperate and Tropical Regions. *Soil Sci.*, 68:419-432.
- JORDAN, C. F. & HERRERA, R.. 1981. Tropical rain forests: are nutrients really critical? *The American Naturalist*, 117(2):167-180.
- JORDAN, C. F.. 1985. *Nutrient cycling in Tropical Forest Ecosystems: principles and their application in management and conservation*. John Wiley & Sons. Great Britain. 190 p.
- JORDAN, C. F.. 1989. Are process rates higher in tropical forest ecosystems? In: PROCTOR, J.. *Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems*. Blackwell Sci. Publications. 205-215.
- KOEHLER, A.; PORTES, M. C. G. de O. & GALVÃO, F.. 1998. Floresta Ombrófila Densa Altomontana. Caracterização florística, estrutural e fisionômica. In: *XLIX Congresso Nacional de Botânica*, Salvador/BA, p. 410. Resumo.
- KIEHL, E. J.. 1985. *Fertilizantes orgânicos*. Ed. Agronômica Ceres Ltda., São Paulo. 406 p.
- KITAYAMA, K.. 1994. Biophysical Conditions of the Montane Cloud Forests of Mount Kinabalu, Sabah, Malaysia. In: Tropical Montane Cloud Forests. *Ecological Studies*, vol. 110. Springer-Verlag, New York. p.183-197.
- KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A.1968a. Litter Production in na Area of Amazonian Terra Firme Forest. Part I. Litterfall, Organic carbon and total Nitrogen Contents of Litter. *Amazoniana*, 1(4):287-302.
- KLINGE, H.; RODRIGUES, W. A.1968b. Litter Production in na Area of Amazonian Terra Firme Forest. Part II. Mineral Nutrient Content of the Litter. *Amazoniana*, 1(4):303-310.
- KLINGE, H. 1977. Preliminary data on nutrient release from decomposing leaf litter in a neotropical rain forest. *Amazoniana*, 6(2):193-202.
- KOZLOWISKI, T. T.. 1973. Extent and significance of shedding of plant parts, In: KOZLOWISKI, T. T., ed. *Shedding of plant parts*. Academic Press, New York. p. 1-44.
- KUITERS, A. T.. 1990. Role of phenolic substances from decomposing forest litter in plant-soil interactions. *Acta Bot. Neerl.*, 39(4):329-348.
- LEITE, P. F. & KLEIN, R. M.. 1990. Vegetação. In: IBGE. *Geografia do Brasil, região sul*. v. 2. Rio de Janeiro. p. 113 - 150.
- LEMOS, R.C. & SANTOS, R. D.. 1984. *Manual de descrição e coleta de solo no campo*. 2ª ed. SBCE-SNLCS, Campinas. 46 p.
- LEWIS, W. H.. 1971. High Floristic Endemism in Low Cloud Forest of Panama. *Biotropica*, 3(1):78-80.
- LUIZÃO, F. L.. 1982. *Produção e decomposição da liteira em Floresta de Terra Firme da Amazônia Central. Aspectos químicos e biológicos da lixiviação e remoção dos nutrientes da liteira*. Dissertação. Mestrado.

- Curso de Pós-graduação do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas. Manaus. 109 p.
- MAACK, R.. 1981. *Geografia física do Estado do Paraná*. 2ª ed. Livraria José Olympio Editora, Rio de Janeiro, co-edição com a Secretaria da Cultura e do Esporte do Estado do Paraná, Curitiba. 450 p.
- MASON, C. F.. 1980. Decomposição. *Temas de Biologia*. v.18. Tradução Octavio Antonio de Camargo. EPU: Ed. da Universidade de São Paulo, São Paulo. 63 p.
- MALAVOLTA, E.. 1980. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo. 251 p.
- MEDINA, E. & CUEVAS, E.. 1989. Patterns of nutrient accumulation and release in Amazonian forests of the upper Rio Negro basin. In: PROCTOR, J.. *Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems*. Blackwell Sci. Publications. 217-239.
- MEDINA, E.; GARCIA, V. & CUEVAS, E.. 1990. Sclerophylly and Oligotrophic Environments: Relationships Between Leaf Structure, Mineral Nutrient Content, and Drought Resistance in Tropical Rain Forests of the Upper Rio Negro Region. *Biotropica*, 22(1):51-64.
- MEENTEMEYER, V.. 1978. Macroclimate and lignin control of litter decomposition rates. *Ecology*, 59(3):465-472.
- MEGURO, M.; VINUEZA, G. N. & DELITTI, W. B. C..1979. Ciclagem de nutrientes minerais na Mata Mesófila secundária – São Paulo. I – Produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. *Bol. Botânica*, 7:11-31.
- MEGURO, M.; VINUEZA, G. N. & DELITTI, W. B. C..1980. Ciclagem de nutrientes minerais na Mata Mesófila secundária – São Paulo. III – Decomposição do material foliar e liberação dos nutrientes minerais. *Bol. Botânica*, 8:7-20.
- MELLO, R. S. P.. 1995. *Produção de serrapilheira e aspectos da ciclagem de nutrientes em dois tipos florestais adjacentes no Rio Grande do Sul*. Dissertação. Mestrado. Porto Alegre. 136 p.
- MELIX, E.. 1930. Biological decomposition of some types of litter from North American Forests. *Ecology*, 11(1):72-101.
- MEYER, B. S.; ANDERSON, D. B. & BOHNING. R. H.. 1970. *Introdução à Fisiologia Vegetal*. Calouste Gulbenkian, Lisboa. 564 p.
- MINDERMAN, G.. 1968. Addition, decomposition and accumulation of organic matter in forests. *J. Ecol.*, 56:355-362.
- MONEDERO, C. & GONZALEZ, V. C.. 1995. Analisis cuantitativo de la estructura arborea en una Selva Nublada Tropical del ramal interior de la Cordillera Caribe (Loma de Hierro, Venezuela). II. Estructura vertical de la comunidad arborea. *Acta Biol. Venez.*, 15(3-4):29-39.
- NYE, P. H.. 1961. Organic matter and nutrient cycles under Moist Tropical Forest. *Plant and Soil*, 13(4):333-346.
- ODUM, H. T. 1970. Rain Forest Structure and Mineral Cycling Homeostasis. In: ODUM, H. T.; PIGEON, R. F. (eds.). *A Tropical Rain Forest*. Division of Technical Information, US Atomic Energy Commission, Washington, D.C. H:3-52.
- OLIVEIRA, R. R. de & LACERDA, L. D. de.. 1993. Produção e composição química da Serapilheira na Floresta da Tijuca (RJ). *Revta. brasil. Bot.*, 16(1):93-99.

- OLSON, J. S.. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, 44(2):322-331.
- PAGANO, S. N.. 1989a. Produção de folhedo em Mata Mesófila Semidecídua no município de Rio Claro, SP. *Rev. Brasil. Biol.*, 49(3):633-639.
- PAGANO, S. N.. 1989b. Nutrientes minerais do folhedo produzido em Mata Mesófila Semidecídua no município de Rio Claro, SP. *Rev. Brasil. Biol.*, 49(3):641-647.
- POGGIANI, F.. 1992. Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas. In: *Anais do 2º Congresso Nacional de Essências Nativas*. São Paulo, p. 734 - 739.
- PORTES, M. C. G. de O.; KOEHLER, A. & GALVÃO, F.. 1998. Variação sazonal da deposição de serapilheira em uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no morro do Anhangava - PR. *Revista Floresta*, 26(1/2):3-10.
- PRITTCHE, W. L.. 1986. *Suelos Forestales. Propiedades, conservación y mejoramiento*. Editorial Limusa, Balderas, México. 634 p.
- PROCTOR, J.. 1983. Tropical forest litterfall. I. Problems of data comparison. In: SUTTON, S. L., WHITEMORE, T. C. & CHADWICK, A. C. (ed.). *Tropical rain forest: ecology and management*. *British Ecological Society*, v. 2. Blackwell Scientific Publications, Oxford. p. 267 - 273.
- PROCTOR, J.; ANDERSON, J. M. & VALLACK, H. W.. 1983. Comparative studies on forests, soils and litterfall at four altitudes on Gunung Mulu, Sarawak. *The Malaysian Forester*, 46(1):60-76.
- REBELO, C. F.. 1994. *Ciclagem de nutrientes minerais em Floresta Pluvial Tropical de Encosta e em Floresta sobre Restinga na Ilha do Cardoso, Cananéia, São Paulo: decomposição de serapilheira*. Dissertação. Mestrado. Departamento de Ecologia Geral do Instituto de Biociências da USP. São Paulo.133 p.
- RICHARDS, P. W. 1952. *The Tropical Rain Forest*. Cambridge University Press, London. 450 p.
- ROCHA, M. do R. L.. 1999. *Caracterização Fitosociológica e Pedológica de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no Parque Estadual Pico do Marumbi – Morretes, PR*. Dissertação. Mestrado. Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da UFPR. Curitiba. 81 p.
- RODERJAN, C. V. & KUNIYOSHI, Y. S.. 1988. *Macrozoneamento florístico da Área de Proteção Ambiental - APA - Guaraqueçaba*. FUFEP. Curitiba. 54 p.
- RODERJAN, C. V. & STRUMINSKI, E.. 1992. *Serra da Baitaca - caracterização e proposta de manejo*. FUFEP/FBPN, Curitiba. 102 p.
- RODERJAN, C. V.. 1994. *A Floresta Ombrófila Densa Altomontana do Morro do Anhangava, Quatro Barras, PR - Aspectos Climáticos, Pedológicos e Fitosociológicos*. Tese. Doutorado. Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da UFPR. Curitiba. 119 p.
- RODERJAN, C. V.; PORTES, M. C .G. de O., KOEHLER, A., LACERDA, M. R. & AMADO, E. F.. 1999. Estudos fitossociológicos realizados em Florestas Nebulares (Floresta Ombrófila Densa Altomontana) na Serra do Mar paranaense. In: *50º Congresso Nacional de Botânica*, Blumenau/SC, p. 235. Resumo.
- RODRIGUES, R. R.; MORELLATO, L. P. C.; JOLY, C. A. & LEITÃO FILHO, H. F.. 1989. Estudo florístico e fitossociológico em um gradiente altitudinal de mata estacional mesófila semidecídua, na Serra do Japi, Jundiá, SP. *Revta brasil. Bot.*, 12:71-84.
- SANTOS, V. D. dos. 1989. *Ciclagem de nutrientes minerais em Mata Tropical Subcaducifolia dos Planaltos do Paraná (Parque Estadual Vila Rica do Espírito Santo – Fênix/PR)*. Tese. Doutorado. São Carlos- SP. 387 p.

- SCHLITTLER, F. H. M.; DE MARINIS, G. & CESAR, O.. 1993a. Produção de serapilheira na Floresta do Morro do Diabo, Pontal do Paranapanema - SP. *Naturalia*, 18:135-147.
- SCHLITTLER, F. H. M.; DE MARINIS, G. & CESAR, O.. 1993b. Decomposição da serapilheira produzida na Floresta do Morro do Diabo (Região do Pontal do Paranapanema, Estado de São Paulo). *Naturalia*, 18:149-156.
- SHEPHERD, G.J. 1988. *Fitopac I - versão preliminar*. Campinas. 8 p.
- SILVA, S. M.. 1990. *Composição florística e fitossociológica de um trecho de floresta de restinga na Ilha do Mel, município de Paranaguá, PR*. Dissertação. Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP. 146 p.
- SILVA, S. M.. 1998. *As formações vegetais da planície litorânea da Ilha do Mel, Paraná, Brasil: composição florística e principais características estruturais*. Tese. Doutorado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP. 262 p.
- SINGH, K. P.. 1989. Mineral nutrients in tropical dry deciduous forest and savanna ecosystems in India. In: PROCTOR, J.. *Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems*. Blackwell Sci. Publications. 153-168.
- STADTMÜLLER, T.. 1987. *Los Bosques Nublados en el Trópico Húmedo*. Costa Rica. 85 p.
- SUTCLIFFE, J.. 1989. As plantas e a água. *Temas de biologia*, v.23. EPU, São Paulo. 126 p.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W. & ANDERSON, J. M.. 1979. Decomposition Processes in Terrestrial Ecosystems. *Studies in Ecology*, v. 5. Blackwell Sci. Publications. University of California Press, Berkeley. 372 p.
- TANNER, E. V. J.. 1981. The decomposition of leaf litter in Jamaican montane rain forest. *Journal of Ecology*, 69:263-275.
- TANNER, E. V. J.; VITOUSEK, P. M.; CUEVAS, E.. 1998. Experimental investigation of nutrient limitation of forest growth on wet Tropical Mountains. *Ecology*, 79(1):10-22.
- TAPPI TEST METHODS. 1994/1995. *Thecnology Park Atlanta*. Atlanta, GA U.S.A 1205 p.
- TEDESCO, M. J; GIANELO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J.. 1995. Análise de solos, plantas e outros materiais. *Boletim Técnico nº 5*. 2a ed. Departamento de Solos de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 174 p.
- UFPR/ITCF. 1992. *Levantamento geomorfológico com ênfase em solos, na porção sul de tombamento da Serra do Mar*. Convênio 52/90. Curitiba, PR. 6 volumes. 444 p.
- UNESCO. 1978. Decomposition and biogeochemical cycles. In: UNESCO. *Tropical forest ecosystems - a state knowledge report prepared by UNESCO-UNEP-FAO*. France. 270-285.
- VARJABEDIAN, R.; PAGANO, S. N.. 1988. Produção e decomposição de folhedo em um trecho de Mata Atlântica de Encosta no município do Guarujá, SP. *Acta bot. bras.*, 1(2):243-256 supl.
- VELOSO, H. P. & GÓES-FILHO, L.. 1982. Fitogeografia Brasileira, classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical. *Boletim técnico, série vegetação nº 1*. RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia, Salvador. 85 p.
- VENEKLAAS, E. J. 1991. Litterfall and nutrient fluxes in two montane tropical rain forests, Colombia. *Journal of Tropical Ecology*, 7(3):319-336.

- VITOUSEK, P. M.. 1982. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. *The American Naturalist*, 119(4):553-572.
- VITOUSEK, P. M.. 1984. Litterfall, nutrient cycling, and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology*, 65(1):285-298.
- VITOUSEK, P. M.. 1998. The Structure and Functioning of Montane Tropical Forests: Control by Climate, Soils, and Disturbance. *Ecology*, 79(1):1-2.
- VITOUSEK, P. M., GERRISH, G., TURNER, D. R., WALKER, L. R. & MUELLER-DOMBOIS, D.. 1995. Litterfall in Hawaiian montane forests. *Journal of Tropical Ecology*, 11(2):189-202.
- WALTER, H. 1986. *Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global*. Tradução de A.T. Giova e H.T. Buckup. EPU, São Paulo. 325 p.
- WAREING, P. F. & PHILLIPS, I. D. J.. 1975. The control of growth & differentiation in plants. Pergamon Press Ltd., 4ª ed. 303 p.
- WEAVER, P. L.; BYER, M. D. & BRUCK, D. L.. 1973. Transpiration Rates in the Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Biotropica*, 5(2):123-133.
- WEAVER, P. L.; MEDINA, E.; POOL, D.; DUGGER, K.; GONZALES-LIBOY, J. & CUEVAS, E.. 1986. Ecological Observations in the Dwarf Cloud Forest of the Luquillo Mountains in Puerto Rico. *Biotropica*, 18(1):79-85.
- WHITE JR., H. H.. 1963. Variation of Stand Structure Correlated with Altitude, in the Luquillo Mountains. *Caribbean Forester*, 24(1):46-52.
- WHITE, D. L.; HAINES, B. L. & BORING, L. R.. 1988. Litter decomposition in Southern Appalachian Black Locust and Pine-Hardwood Stands: litter quality and nitrogen dynamics. *Canadian Journal of Forest Research*, 18(1):54-63.
- WHITMMORE, T. C.. 1989. Tropical forest nutrients, where do we stand? A tour de horizon. In: PROCTOR, J.. *Mineral nutrientes in tropical forest ans savanna ecosystems*. Blackwell Sci. Publications. 1-13.
- WIEDER, R. K. & LANG, G. E.. 1982. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litter bags. *Ecology*, 63(6):1636-1642.