**ASPECTOS DA CICLAGEM DE NUTRIENTES EM DIFERENTES
FASES SUCESSIONAIS DE UMA FLORESTA ESTACIONAL
DO RIO GRANDE DO SUL**

GIRLEI COSTA DA CUNHA
Engenheiro Florestal

Orientador: Prof. Dr. **FÁBIO POGGIANI**

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Área de concentração:
Ciências Florestais.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto - 1997

**ASPECTOS DA CICLAGEM DE NUTRIENTES EM DIFERENTES
FASES SUCESSIONAIS DE UMA FLORESTA ESTACIONAL DO RIO
GRANDE DO SUL**

GIRLEI COSTA DA CUNHA

Aprovado em: 20 de outubro de 1997.

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Fábio Poggiani

Prof. Dra Márico Meguro

Prof. Dr. Sérgio Nereu Pagano

ESALQ/USP

IB/USP

IB/UNESP/ CRC

Prof. FÁBIO POGGIANI
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas e instituições que colaboraram direta e indiretamente para a execução deste trabalho, e especialmente:

A Luis Almiro Grendene (Neco), por todo apoio nos trabalhos de campo, pelas longas horas de trabalho no laboratório, pela seriedade na coleta de dados e pela amizade;

Ao amigo e Professor da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) Dr. Miguel Antão Durlo, pelo incentivo, orientação inicial, por permitir a realização deste trabalho em sua propriedade rural e pelo apoio logístico, durante a coleta de dados no campo;

Aos Professores da UFSM, Dr. Delmar A. Bressan e Dr. José Newton C. Marchiori, pelo apoio e incentivos;

Ao Departamento de Ciências Florestais da UFSM que permitiu a utilização do Laboratório de Ecologia Florestal para a execução de parte do trabalho;

Ao Departamento de Fitotecnia da UFSM que forneceu os dados climáticos da região para o período de estudo;

Ao Prof. Dr. Fábio Poggiani, pela confiança depositada, orientação e amizade;

Ao Laboratório de Hidrologia, Ecologia e Nutrição Florestal da ESALQ/USP, nas pessoas de Alba V. Masetto e Márcia, pelo auxílio nas análises químicas.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelas bolsas de Iniciação científica e aperfeiçoamento concedidas ao projeto;

Ao CNPq, pela bolsa de mestrado concedida;

Aos colegas da PG, pela amizade;

Aos meus irmãos, pais e avós, por tudo;

À Mônica, pelo amor, paciência e cuidados.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
RESUMO.....	vi
SUMMARY.....	viii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 A Floresta Estacional Decidual	3
2.2 Florestas secundárias e a fertilidade do solo.....	5
2.3 Aspectos da ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais.....	7
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Descrição da área experimental.....	18
3.1.1 Local	18
3.1.2 Descrição e histórico das áreas	18
3.1.3 Relevo e exposição dos sítios.....	21
3.1.4 Clima	21
3.1.5 Geologia e Solos	22
3.2 Composição florística e fitossociologia dos povoamentos.....	24
3.3 Avaliação da produção de serapilheira.....	27
3.4 Decomposição da serapilheira	28
3.5 Análises químicas do material vegetal	29
3.6 Eficiência de utilização de nutrientes	30
3.7 Análise dos dados	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Serapilheira	31
4.1.1 Produção média anual de serapilheira.....	31
4.1.2 Sazonalidade na produção de serapilheira.....	33

4.1.3 Fracionamento da serapilheira.....	37
4.1.4 Separação do folheto por espécie	41
4.2 Nutrientes na serapilheira	48
4.2.1 Concentrações de nutrientes na serapilheira.....	48
4.2.2 Transferência de nutrientes pela queda de serapilheira.....	53
4.2.3 Concentrações de nutrientes no folheto de diferentes espécies.....	59
4.3 Manta	64
4.3.1 Acúmulo de manta e decomposição da serapilheira	64
4.3.2 Concentrações e estoques de N, P, K, Ca e Mg na manta dos povoamentos.....	68
5. CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

LISTA DE FIGURAS

	Página
1 Vista geral da paisagem da região de estudo	19
2 Vista da área experimental	20
3 Vista da mata secundária com mais de 30 anos	20
4 Precipitações pluviométricas e Temperaturas médias mensais normais na região de Santa Maria - RS	21
5 Produção de serapilheira nos povoamentos <i>versus</i> temperaturas médias mensais no período de estudo.....	34
6 Produção de serapilheira nos povoamentos <i>versus</i> precipitações pluviométricas no período de estudo	35
7 Produção de serapilheira nas diferentes estações do ano	36
8 Fracionamento da serapilheira	38
9 Produção de folheto por diferentes grupos ecológicos	46
10 Produção mensal de folheto por diferentes espécies	47
11 Concentrações médias mensais de nutrientes do folheto.....	52
12 Transferências mensais de nutrientes pela serapilheira.....	55
13 Quantidades médias de manta acumulada sobre o solo	66

LISTA DE TABELAS

	Página
1 Análise de fertilidade do solo sob os povoamentos	23
2 Lista de espécies arbóreas e arbustivas	25
3 Parâmetros da estrutura horizontal e vertical dos povoamentos	27
4 Produções médias mensais de serapilheira e intervalo de confiança	32
5 Produções mensais das diferentes frações da serapilheira	40
6 Produção de folheto por diferentes espécies	43
7 Concentrações de nutrientes nas frações da serapilheira	49
8 Transferência de nutrientes pela serapilheira	54
9 Transferência de nutrientes pela serapilheira em florestas do Brasil	57
10 Eficiência de utilização de N, P e Ca em florestas tropicais e subtropicais	58
11 Concentrações de nutrientes no folheto de espécies	62
12 Coeficientes de decomposição da serapilheira	65
13 Concentrações e estoques de nutrientes na manta	69
14 Tempo de residência de N, P, K Ca e Mg na manta.....	69

**ASPECTOS DA CICLAGEM DE NUTRIENTES EM DIFERENTES FASES
SUCESSIONAIS DE UMA FLORESTA ESTACIONAL
DO RIO GRANDE DO SUL**

Autor: GIRLEI COSTA DA CUNHA

Orientador: Prof. Dr. FÁBIO POGGIANI

RESUMO

O presente estudo analisou a produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes em diferentes fases da sucessão secundária em uma Floresta Estacional Decidual, no Rio Grande do Sul, em uma região com clima subtropical úmido. Foram comparados três áreas adjacentes: uma capoeira, com 13 anos de idade; um capoeirão, com 19 anos e uma mata secundária com mais de 30 anos. Os povoamentos foram avaliados quanto à produção e decomposição de serapilheira e ciclagem de nutrientes. As espécies com maior participação na produção de folheto nos povoamentos, foram avaliadas isoladamente quanto à massa e conteúdo de nutrientes.

A queda de serapilheira foi estimada ao longo de dois anos. A produção média anual de serapilheira na capoeira, capoeirão e mata foi, respectivamente, de 5,8 t ha⁻¹ ano⁻¹, 8,0 t ha⁻¹ ano⁻¹ e 9,5 t ha⁻¹ ano⁻¹. A produção anual de serapilheira no capoeirão não diferiu estatisticamente da quantidade produzida na mata. O folheto representou 73% do total de serapilheira derrubada na capoeira e 65% no capoeirão e na mata.

As espécies mais importantes na produção de folheto foram as com maior VI (Valor de Importância) nas comunidades. *Mimosa bimucronata* na capoeira, *Ocotea puberula* na capoeira e no capoeirão, *Cupania vernalis* e *Parapiptadenia rigida* no capoeirão e *Alchornea triplinervia*, *Nectandra megapotamica* e *Cabralea canjerana* na

mata, foram as espécies mais importantes na produção de folheto nos seus respectivos povoamentos.

As concentrações de P na serapilheira diminuíram com a idade dos povoamentos, mas as concentrações de K, Ca e Mg não se alteraram com a idade. A serapilheira derrubada no capoeirão foi a mais rica em N. As quantidades totais de nutrientes transferidos ao solo através da serapilheira na capoeira, capoeirão e mata foram, respectivamente ($\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$): 98,4; 156 e 163,7 de N; 11,2; 15,4 e 11,5 de P; 28,5; 46,7 e 51,2 de K; 147,5; 206,7 e 271 de Ca e 10,8; 18,2 e 21,8 de Mg.

Houve diferenças entre as espécies na concentração de nutrientes em seus folhedos. As espécies *Ocotea puberula* e *Nectandra megapotamica* apresentaram elevados teores de P e baixos teores de Ca e Mg. *Cabralea canjerana* e *Cordia trichotoma*: altas concentrações de P, Ca e Mg. *Cupania vernalis*: baixos teores de N e Ca. *Phytolacca dioica*: concentrações altas de K, Ca e Mg. *Parapiptadenia rigida* e *Machaerium stiptatum*: altas concentrações de N e P. Os folhedos de *Alchornea triplinervia* e *Quillaja brasiliensis* demonstraram-se pobres em quase todos os nutrientes.

As quantidades médias de serapilheira sobre o solo (manta) da capoeira; capoeirão e mata foram respectivamente de: 4,2 t/ha; 5,6 t/ha e 6,0 t/ha. Não foi verificada diferença estatística entre o capoeirão e a mata. O valor do coeficiente de decomposição da serapilheira (k), variou entre 1,37, na capoeira, e 1,57, na mata secundária. Os tempos médios de residência de N, P, K, Ca e Mg na manta florestal foram calculados pelo quociente entre os estoques imobilizados na manta florestal e a transferência anual desses nutrientes pela queda da serapilheira. O tempo médio de residência na manta florestal variou entre 4 e 5 meses para o potássio e 14 e 15 meses para o cálcio. Na capoeira o tempo médio de residência de nutrientes na manta foi maior do que no capoeirão e na mata.

**ASPECTOS DA CICLAGEM DE NUTRIENTES EM DIFERENTES FASES
SUCESSIONAIS DE UMA FLORESTA ESTACIONAL
DO RIO GRANDE DO SUL**

**NUTRIENT CYCLING IN DIFFERENT STAGES OF THE SECONDARY
SUCCESSION AT RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL.**

Author: GIRLEI COSTA DA CUNHA

Adviser: Prof. FÁBIO POGGIANI

SUMMARY

This study focused the nutrient cycling along the secondary succession of a seasonal deciduous forest in Rio Grande do Sul, south of Brazil in a region with moist subtropical climate. Three stands 13, 19 and 30 years old were evaluated. Litter fall, litter standing crop, litter decomposition and nutrient cycling were monitored and compared. The role of principal species in leaf fall and nutrient cycling too were studied. The study was runned in a forested catchment, in Vale Vêneto (29°40' S e 53°35' W), Rio Grande do Sul.

The litter fall was measured during 24 months. The total small litter fall was ($t\ ha^{-1}\ year^{-1}$) for the capoeira, 5,8; capoeirão, 8,0 and Mata, 9,5. Total amounts of anual litter fall not differ significantly between capoeirão and mata. Leaf litter accounted for 65-73% of the total litter fall.

Leaf fall was identified to species. Lauraceae, Mimosaceae, Euphorbiaceae and Meliaceae are important tree families in stands with regard to their contribution to leaf fall. In the stands studied, the most important tree species contributing to leaf fall was

those with greater VI (Importance Value) in communities. In the capoeira, *Ocotea puberula* and *Mimosa bimucronata* to contribute with 40% of total leaf fall. In the capoeirão, *Ocotea puberula*, *Cupania vernalis* and *Parapiptadenia rigida* shedding 49% of total and in the mata, *Alchornea triplinervia*, *Nectandra megapotamica* and *Cabralea canjerana* shedding more than half of the total leaf fall.

The concentrations of P in litter decreased from the capoeira to mata, but K, Ca e Mg concentrations not. The capoeirão litter was richer in N than capoeira and mata litter. The total amounts of nutrients returned to soil in the capoeira, capoeirão and mata was ($\text{kg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) respectively, 98,4; 156,0 and 163,7 for N; 11,2; 15,4 and 11,5 for P; 28,5; 46,7 and 51,2 for K; 147,5; 206,7 and 271 for Ca and 10,8; 18,2 and 21,8 for Mg.

The different species showed different leaf fall nutrient concentration. The species *Ocotea puberula* e *Nectandra megapotamica* shown high concentration of P and low concentrations of Ca and Mg. *Cabralea canjerana* and *Cordia trichotoma* high P, Ca and Mg. *Cupania vernalis* low concentrations of N and Ca. *Parapiptadenia rigida* and *Machaerium stiptatum* high concentrations of N and P. The leaf fall from *Alchornea triplinervia* and *Quillaja brasiliensis* showed low concentrations of almost all nutrients analysed.

The litter standing crop (t ha^{-1}) was 4.2 in the capoeira; 5,6 in the capoeirão and 6.0 in the mata. Total amounts of litter standing crop not differ significantly between capoeirão and mata. Decomposition constant (k) values were relatively high with mean value ranging from 1.37 in the capoeira and 1.57 in the mata. Mean residence time of N, P, K, Ca and Mg was calculated through the quotients of litterfall content/litter layer content. The mean residence time ranged from 4-5 month for potassium and 14-15 month for calcium and are indicative of the rapid cycling and an important source of nutrients to the trees.

1- INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Sul até 1950 apresentava aproximadamente 34% do seu território coberto por florestas naturais (Rambo, 1994). A partir da década de 60 com a intensificação da agricultura, a área de florestas nativas foi bastante reduzida, restando no início dos anos 80, apenas 5,6% de cobertura florestal (Brasil, 1983). Hoje, a maior parte da cobertura florestal remanescente é composta por fragmentos florestais heterogêneos quanto a idade, história de perturbações e estágio de desenvolvimento.

A degradação sofrida pelos solos como consequência da aplicação de técnicas de uso e manejo inadequadas, fenômeno em muitos casos atual, provocou graves problemas ambientais, existindo a necessidade de recuperação ambiental em muitas áreas, em quase todas as regiões fisiográficas do Estado. Por outro lado, a legislação ambiental mais rigorosa obriga a recomposição de Áreas de Preservação Permanente e a recuperação de áreas degradadas por parte daqueles que utilizam os recursos naturais, incluindo empresas e proprietários rurais.

No Rio Grande do Sul, a área plantada com espécies arbóreas nativas é praticamente insignificante. A insuficiência de informação sobre as técnicas silviculturais adequadas para o estabelecimento e manejo das espécies nativas é um empecilho para o implantação de florestas com essas espécies. Esta situação justifica a intensificação de esforços na busca de conhecimentos sobre as florestas e espécies nativas, para viabilizar a formação de florestas de proteção implantadas com espécies nativas.

A Floresta Estacional Decidual caracteriza-se, em termos de área ocupada, localização geográfica e importância histórico-cultural, como uma das formações florestais mais importantes do Rio Grande do Sul. Existem poucas informações sobre a ecologia desse importante ecossistema do Sul do Brasil, principalmente em relação à produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes.

A maior parte dos remanescentes florestais que compõem hoje a Floresta Estacional Decidual são secundários (capoeiras e capoeirões), regenerados após algum tipo de perturbação, geralmente relacionada à agricultura e/ou pecuária. Nessas florestas secundárias jovens, a produção de serapilheira representa uma significativa fração da produtividade primária líquida do ecossistemas, constituindo-se em um dos processos fundamentais para a recuperação do status florestal após perturbações. Neste sentido, para melhor entender como se comporta a produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes na Floresta Estacional Decidual, é necessário avaliar comunidades vegetais secundárias com diferentes estruturas e estágios sucessionais; para que a partir daí se possa ter parâmetros para avaliar o funcionamento desse ecossistema florestal como um todo.

Além disso, se desconhece o desempenho de diferentes espécies nativas na produção de folheto e ciclagem de nutrientes nessas florestas, o que dificulta a seleção de espécies para recomposição de áreas de preservação e recuperação de áreas degradadas.

1.1- Objetivos

O objetivo geral do presente estudo foi avaliar a ecologia da Floresta Estacional Decidual para oferecer novos conhecimentos tanto a nível de comunidade vegetal como a nível de ecossistema. O objetivo específico foi:

- Estudar comparativamente diversos aspectos da ciclagem de nutrientes em três estágios sucessionais da Floresta Estacional Decidual; abordando o papel das diferentes espécies sucessionais na produção de folheto e conteúdo de nutrientes.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A Floresta Estacional Decidual

Segundo Klein (1984 a), no sul do Brasil existem três formações florestais distintas: a Floresta Ombrófila Densa (mata atlântica), Floresta Ombrófila Mista (mata de Araucária) e a Floresta Estacional (mata latifoliada da bacia hidrográfica Paraná-Uruguai).

Conforme a fisionomia, a Floresta Estacional pode ser Semidecidual ou Decidual, dependendo da porcentagem de árvores caducifólias do conjunto e não das espécies que perdem as folhas individualmente. Assim, quando apenas aproximadamente 20% a 50% das árvores do estrato superior perdem as folhas, a floresta é classificada como Floresta Estacional Semidecidual, como acontece na floresta da bacia do Paraná, quando a porcentagem for superior a 50%, a floresta é denominada Floresta Estacional Decidual (Klein, 1984a).

No Rio Grande do Sul, a Floresta Estacional Decidual estende-se desde o Rio Ibiqui, ao oeste, até o Rio Caí, ao leste do Estado (Klein, 1984 b). O conceito ecológico da Floresta Estacional está ligado ao clima caracterizado por duas estações distintas, em relação à precipitação ou temperatura. No caso da Floresta Estacional Decidual da Fralda da Serra Geral, as espécies tropicais do estrato emergente como a *Apuleia leiocarpa*, *Myrocarpus frondosus*, *Parapiptadenia rigida*, *Cordia trichotoma*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Cedrela fissilis*, por apresentarem condições fisiológicas de perderem as folhas na época do frio máximo, coincidente com o período seco de seus elementos de origem, adaptaram-se ao clima local, passando a conviver com

outros gêneros de origem climática temperada como *Nectandra*, *Ocotea*, *Roupala*, *Vernonia*, etc.) Klein (1984b).

A floresta estacional decidual na região central do Rio Grande do Sul, é bem estudada do ponto de vista florístico e fitossociológico. Silva & Longhi (1989) estudando a floresta do Morro do Linck (Santa Maria, RS) encontraram 75 espécies arbóreas distribuídas em 33 famílias botânicas. As famílias mais importantes foram Leguminosae, Myrtaceae, Lauraceae e Meliaceae. As espécies arbóreas com maior valor de importância na comunidade foram *Cupania vernalis*, *Nectandra megapotamica*, *Parapiptadenia rigida*, *Patagonula americana* e *Ficus luschnatiana*, que juntas somaram 27% do IVI total da floresta. Machado & Longhi (1990) estudando a mata do Morro do Elefante, também em Santa Maria, encontraram 67 espécies arbóreas e as seis espécies mais importantes (*Nectandra megapotamica*, *Trichilia clauseni*, *Cupania vernalis*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Alchornea triplinervia* e *Allophylus edulis*) representavam 31% do IVI total da comunidade. Bearzi et al. (1992) encontraram 51 espécies arbóreas no Morro das Três Marias, em Santa Maria, RS. As três espécies mais importantes na comunidade eram *Helietta longifoliata*, *Cupania vernalis* e *Luehea divaricata*. Estas três espécies representaram 38 % do IVI total da comunidade..

Silva et al. (1992) realizaram um levantamento florístico e fitossociológico em matas secundárias da Floresta Estacional Decidual, no município de Silveira Martins (RS). Em função da localização das matas, os autores separaram as florestas estudadas em dois tipos o de ‘encosta’ e o ‘ciliar’ (próximo às calhas dos cursos de água). Nos dois ambientes foram encontradas 75 espécies arbóreas no total. No tipo floresta de encosta foram encontradas mais espécies do que no tipo ‘ciliar’. As espécies *Nectandra megapotamica*, *Enterolobium contortisiliquum* e *Machaerium stiptatum* representaram 36% do IVI no estrato superior do tipo florestal de encosta. No tipo ‘ciliar’, as espécies *Cabralea canjerana*, *Alchornea triplinervia* e *Nectandra megapotamica* representaram 45% do IVI total do estrato superior.

No limite leste da Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul, em Bento Gonçalves, Vaccaro et al. (1992) investigaram a composição florística e fitossociologia de florestas secundárias de encosta; foram encontradas 67 espécies arbóreas; mas apenas seis destas espécies, representavam 36% do IVI de toda a comunidade. As espécies mais importantes nas matas avaliadas foram *Alchornea triplinervia*, *Nectandra* sp., *Trichilia claussoni*, *Allophylus edulis* e *Cupania vernalis*.

2.2 Florestas secundárias e fertilidade do solo

Um dos sistemas agrícolas mais antigos e rudimentares é a agricultura de roça e queima ou agricultura migratória (shifting cultivation) (Nye & Greenland, 1960). Na agricultura de roça e queima, pequenas glebas de floresta ou mais freqüentemente de capoeiras, são cortadas e queimadas; o terreno é então utilizado para cultivos agrícolas por um período variável de tempo, geralmente dois ou três anos. Após essa fase agrícola, o terreno é abandonado à sucessão secundária por um período indeterminado de tempo, dependendo da disponibilidade de novas áreas para produção agrícola, da fertilidade do solo na época de abandono do terreno e do tempo necessário para a recuperação da fertilidade do solo.

Zarin & Johnson (1995) avaliaram o efeito da sucessão primária no solo em uma cronossequência de terrenos que sofreram deslizamentos em uma floresta subtropical baixo-montana em Porto Rico. O valor de saturação de bases no solo mineral superficial aumentou durante a sucessão primária. As concentrações de K, Ca e Mg foram positivamente correlacionadas com o teor de matéria orgânica do solo, mas não com o conteúdo de argila. Concluíram que nos solos estudados a produção e decomposição de matéria orgânica foi o processo dominante no controle da captura, retenção e ciclagem de nutrientes.

A presença da vegetação florestal secundária restaura o estoque de matéria orgânica do solo porque ela fornece material orgânico na forma de serapilheira e

pela morte de raízes finas (Brown & Lugo 1990). Em áreas de agricultura migratória na Nigéria, Aweto (1981) avaliou a influência da sucessão secundária na restauração da fertilidade do solo durante os primeiros 10 anos de pousio, utilizando uma floresta madura como testemunha. O aumento de matéria orgânica foi limitado ao solo superficial (0-10 cm), atingindo no décimo ano 78% da matéria orgânica existente na floresta madura. O acúmulo de nutrientes no solo do pousio foi também restrito ao solo superficial, a densidade aparente do solo diminuiu enquanto a porosidade e a capacidade de armazenamento de água aumentaram com a idade da vegetação.

Toky & Ramkrishnan (1983) estudaram a ciclagem de nutrientes durante vinte anos de desenvolvimento da sucessão secundária em áreas de agricultura de roça e queima no nordeste da Índia. Os autores encontraram altas concentrações de cálcio nas árvores, potássio em uma espécie de bambu e de fósforo em espécies herbáceas. A taxa anual de acúmulo de nitrogênio foi máxima após 15-20 anos de desenvolvimento da sucessão, 10 a 15 anos para potássio e durante o primeiro ano para fósforo. O quociente de enriquecimento (o peso de um elemento na vegetação dividido pela sua taxa de absorção) foi maior para P e K do que para N, Ca e Mg, indicando a rápida taxa de acúmulo de P e K na biomassa do povoamento. O retorno anual de elementos pela queda de serapilheira aumentou com a idade do pousio, durante os vinte anos de estudo.

Na Costa Rica, o efeito da sucessão natural foi comparado com o efeito causado por monoculturas (milho, mandioca ou *Cordia alliodora*) na fertilidade de um solo vulcânico, após o corte e queima de uma floresta. O estudo foi realizado por Mazzarino et al. (1988) e os dados foram coletados por 5 anos. Os resultados demonstraram que a magnitude do efeito da vegetação dependia das condições originais de fertilidade. Quando a fertilidade do solo era originalmente elevada, ela foi pouco afetada pela vegetação; entretanto nos solos de menor fertilidade, esta foi significativamente reduzida tanto sob a monocultura como sob a sucessão natural, mas a redução na fertilidade foi menor sob o efeito da sucessão secundária.

Durante o início da sucessão secundária algumas espécies podem ter um papel muito importante na conservação de nutrientes dentro do ecossistema, através da rápida absorção e imobilização de nutrientes em sua biomassa e conseqüente redução das perdas pela lixiviação do solo. Swamy & Ramakrishnan (1987) estudaram a contribuição de uma espécie herbácea invasora (*Mikania micrantha*) na ciclagem de nutrientes durante a sucessão secundária após agricultura de queima e roça na Índia. Foi encontrado que a espécie era muito importante na conservação de K no ecossistema, estocando consideráveis quantidades desse elemento em sua biomassa.

Ramakrishnan (1989) estudou a ciclagem de nutrientes em um pousio florestal na Índia e relatou a ocorrência de um rápido decréscimo no estoque de nutrientes do solo devido à grande absorção de nutrientes pela vegetação secundária, durante os primeiros anos do pousio.

Brubacher et al. (1989) estudaram o acúmulo de nutrientes durante os três primeiros anos de um pousio em Belize. A vegetação natural da região era uma floresta semidecídua seca. Os níveis de N, P e K alocados para as folhas atingiram um equilíbrio logo no primeiro ano com pouco aumento nos sítios com 2 e 3 anos de idade. O acúmulo de N e P nos caules aumentou em taxas constantes durante os três anos de desenvolvimento do pousio. As concentrações de nutrientes foram maiores nas espécies sucessionais iniciais do que nas espécies com um *status* sucessional mais avançado.

2.3 Aspectos da ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais

A ciclagem de nutrientes é um dos principais processos que sustenta a produção de material orgânico. O conhecimento destes processos permite apreender o funcionamento de um ecossistema, possibilitando medidas adequadas ao seu manejo (Herrera et al. 1981).

Cada um dos macronutrientes possui características próprias de circulação em um ecossistema. Switzer & Nelson (1972) sugerem três formas de ciclagem de nutrientes, a saber: ciclagem geoquímica, biogeoquímica e bioquímica. A primeira abarca as relações de importação e exportação de elementos do ecossistema; a ciclagem biogeoquímica estuda as transferências de nutrientes entre os sistemas solo e plantas, e a ciclagem bioquímica aborda as transferências internas ou translocação de nutrientes dentro das plantas.

A vegetação devolve nutrientes ao solo através da circulação de matéria, que é representada pela deposição de serapilheira, galhos grossos e troncos, e pela morte de raízes, principalmente as finas (Vogt et al. 1986). Outro modo de transferência de nutrientes da vegetação para o solo dá-se pelas águas de precipitação interna e escoamento pelos troncos. A queda da serapilheira é a principal via de transferência de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e cálcio, da vegetação para o solo. O potássio é transferido, principalmente, pelo ciclo hidrológico e o magnésio é variável entre sítios (Cole & Rapp, 1980).

As taxas de ciclagem de nutrientes são controladas pelas fontes químicas na atmosfera e solo, pela energia para ativar os processos biológicos e o ambiente físico que influencia a disponibilidade de água, as taxas de evapotranspiração e a velocidade de atividade biológica; a estrutura da comunidade biológica e populações também exerce influência nas taxas de ciclagem (Golley, 1983).

A ciclagem de nutrientes via queda de serapilheira é um dos aspectos mais enfocados em estudos de ciclagem de nutrientes em florestas. No Brasil as florestas mais bem estudadas quanto a ciclagem de nutrientes são as na região da Floresta Mesófila Semidecídua no interior do Estado de São Paulo (Carpanezzi, 1980; Meguro et al., 1979; Meguro et al., 1980; Pagano 1989a,b; Poggiani & Monteiro jr., 1990; Schilittler, 1990; Morellato, 1992; César, 1993a,b) e a Floresta ombrófila densa na Amazônia (Klinge & Rodrigues, 1968 a,b; Silva & Lobo, 1982; Silva, 1984; Luizão & Schubart, 1987; Dantas

& Phillipson, 1989; Scott et al., 1992) e também na Serra do Mar (Varjabedian & Pagano 1988; Leitão Filho et al. 1993; Custódio Filho, 1994).

A produção de serapilheira em uma floresta tropical pluvial no México, em Los Tuxtlas, foi avaliada por Alvarez & Guevara (1985). Em um ano de estudo, foi verificado a queda de 7,26 t/ha de serapilheira. As espécies *Nectandra ambigens*, *Pseudometia oxyphyllaria*, *Ficus tecolutensis* e *Poulsenia armata* representaram 38,25% do peso total anual do folheto derrubado.

Em uma floresta decidual úmida na Índia, Singh et al. (1993) estudaram a produção de serapilheira e o retorno de nutrientes. A produção média anual de serapilheira foi de 14,2 t/ha, do qual o folheto contribuiu com a maior parte, 10,7 t/ha. Quatro espécies arbóreas foram responsáveis pela metade de todo o folheto derrubado. Arbustos, ervas, lianas e epífitas contribuíram com 39% do total. Através da queda de serapilheira Em termos anuais, retornaram ao solo 238 kg/ha de N, 9 kg/ha de P e 89 kg/ha de K.

O efeito da diversidade de espécies arbóreas na derrubada de folheto foi avaliada por Burghouts et al. (1994) em duas florestas de dipterocarpáceas na Malásia, uma primária e outra explorada. Em ambas as florestas as famílias Dipterocarpaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Fagaceae e Meliaceae foram importantes, em termos de área basal total, densidade de árvores e queda anual de folheto. Na floresta primária, a família Dipterocarpaceae contribuiu com 29% da área basal total e 34% da queda anual de folheto. Na floresta explorada essas contribuições foram menores, 11% e 15% respectivamente. A contribuição de árvores pioneira e lianas para a queda anual de folheto foi maior na floresta explorada (34%) do que na floresta primária (8%). Na floresta primária a queda de folheto foi dominada por grandes árvores emergentes e árvores do dossel superior, principalmente dipterocarpos e ocorreu em grandes picos regulares. Na floresta explorada a queda de folheto foi dominada por lianas e muitas árvores relativamente pequenas de espécies pioneiras e foi mais regularmente distribuído no tempo.

A taxa de produção de folheto por uma espécie tem maior correlação com a sua taxa média de crescimento do que com sua área basal (Sumida, 1991). Esta autora avaliou as relações entre a taxa de derrubada de folheto, área basal e taxa de crescimento relativo em área basal pelas espécies em uma floresta secundária no Japão.

A participação de lianas e árvores na produção de folheto em um sítio que apresentava vários estágios sucessionais de uma floresta subtropical pluvial na Austrália foi avaliada por Hegarty (1991). O autor relatou que embora as lianas representassem apenas 2,2% da área basal, elas contribuíram com 24% do folheto produzido. Entretanto com o avanço da sucessão foi verificado uma diminuição na contribuição relativa das lianas.

Alvarez & Guevara (1993) relataram a dinâmica de queda de serapilheira para um período de três anos na floresta tropical pluvial do México, em Los Tuxtlas. Segundo os autores, houve diferença significativa na queda de serapilheira entre as estações, com a maior parte da serapilheira caindo na estação seca (junho e maio) e a menor na estação chuvosa (outubro e novembro). Folheto e flores representaram na serapilheira 67,9% e 0,6%, respectivamente.

Gong & Ong (1983) estudaram a produção e a decomposição da serapilheira em uma floresta tropical pluvial na Malásia. Estimaram uma produção anual de 7,45 t/ha de serapilheira (72% folheto). A maioria da serapilheira caiu na estação seca. Na Índia, quatro florestas tropicais pluviais, produziram quantidades de serapilheira entre 3,44 e 4,18 t/ha/ano. Em um dos sítios a queda de serapilheira apresentou sazonalidade, com maior produção durante a estação seca. A época de maior derrubada de folhas pelas árvores variou conforme a espécie. Houve grandes variações mensais na composição química da serapilheira que foi relacionado a contribuição de diferentes espécies. Contudo, em um sítio onde uma espécie era dominante, os autores também notaram substanciais variações mensais na composição química da serapilheira.

Loubry (1994) avaliou a fenologia de espécies caducifólias em uma floresta na Guiana Francesa. A periodicidade de queda de folheto foi sazonal mas não se correlacionou com a precipitação ou com a ocorrência de estação seca. A queda de folheto pareceu ser estreitamente correlacionada com o fotoperíodo, mesmo com variações muito pequenas na baixa latitude estudada (5°30' N). Cada árvore apresentou sua própria periodicidade para derrubada de folhas, foi concluído que características endógenas e exógenas podem determinar a periodicidade de queda de folheto.

No sul da Bahia, Vinha & Pereira (1983) avaliaram plantações experimentais de 10 espécies arbóreas nativas quanto a produção de folheto e sazonalidade. Tanto a produção de folheto como a sazonalidade de queda variou entre as espécies. Algumas perderam mais folhas no período mais seco do ano, outras no período mais úmido, duas espécies apresentaram produção de folheto independente das condições climáticas. Uma espécie demonstrou dois picos de queda de folhas, um no período seco e outro no período úmido; e outra apresentou produção constante de folheto ao longo do ano.

Morellato (1992) estudou a produção e acúmulo de serapilheira em duas florestas no interior do Estado de São Paulo, uma floresta de altitude e uma Floresta Mesófila Semidecídua. As produções de serapilheira foram respectivamente 7 e 8,6 t/ ha/ ano. A serapilheira caiu continuamente ao longo do ano, mas foi maior na estação seca, em agosto e setembro.

A conservação de nutrientes no ecossistema florestal pode envolver mecanismos de armazenamento de nutrientes nos componentes bióticos ou para controle do movimento de nutrientes entre os componentes do ecossistema. As adaptações para conservação de nutrientes são importantes na interface serapilheira-solo-raízes, onde os elementos químicos podem ser facilmente perdidos do ecossistema na água do solo (Golley, 1983). Conforme Vitousek (1982), a eficiência com que uma floresta utiliza nutrientes, é definida como a quantidade de matéria orgânica perdida das plantas ou permanentemente estocada dentro das mesmas, por unidade de nutriente perdido ou

permanentemente estocado. Logo a eficiência de utilização de nutrientes pode ser calculada para a biomassa viva ou morta.

Sabe-se pouco sobre as exigências de nutrientes da vegetação de florestas tropicais. As diferentes espécies de árvores em um sítio apresentam diferentes concentrações de elementos em suas folhas e troncos. Estas diferenças, conforme Golley (1983), refletem o ambiente geoquímico do local de origem de cada espécie. Diferentes padrões de ciclagem de nutrientes são observados em florestas tropicais sobre solos de fertilidade contrastante. Vitousek & Sanford (1986) demonstraram que solos moderadamente férteis sustentam florestas produtivas onde circulam grandes quantidades de nutrientes. Em florestas desenvolvidas em solos mais pobres, como os oxissolos e ultissolos, quantidades menores de fósforo e cálcio são recicladas de forma mais eficiente.

A relação entre a ciclagem de nutrientes em florestas tropicais e a disponibilidade de nutrientes no solo foi avaliada por Silver (1994). Ele utilizou dados publicados de 36 sítios florestais nos trópicos úmidos, comparando a disponibilidade de nutrientes no solo com o inverso das concentrações de nutrientes da serapilheira (como uma medida de eficiência de uso de nutrientes). Os teores de P-disponível e P-total no solo foram significativamente e positivamente correlacionados com o inverso da concentração de P na serapilheira. O teor de Ca-trocável apresentou uma correlação mais fraca, mas significativa, com o inverso da concentração de Ca na serapilheira. Não foi encontrada correlação entre N-total do solo e o inverso do conteúdo de N na serapilheira.

Boerner (1984) avaliou o fluxo de nutrientes pela serapilheira e a decomposição em quatro florestas ao longo de um gradiente de fertilidade do solo. Foi encontrado que a transferência de nutrientes pela serapilheira e taxa de decomposição foram controladas pelo nível de nutrientes no solo. As taxas de mineralização de Ca e P foram fortemente correlacionadas com a disponibilidade desses elementos no solo.

Segundo Miller (1995), durante o início do desenvolvimento de um povoamento florestal, o crescimento é primeiro concentrado nas folhas e raízes finas,

resultando em um acúmulo de nutrientes muito rápido. Durante esta fase, existe um efeito bem distinto entre espécies, enquanto após o fechamento das copas a absorção de nutrientes torna-se uma função da taxa de crescimento, indiferente à espécie. Após o fechamento do dossel até 2/3 dos nutrientes requeridos para o crescimento das árvores podem ser obtidos pela retranslocação dos tecidos mais velhos ou senescentes.

Na Nova Zelândia, Frederick et al. (1985) estudaram a produção de biomassa e distribuição de nutrientes em 5 povoamentos de *Eucalyptus regnans* variando entre 4 e 17 anos de idade. A quantidade de manta acumulada sobre o solo dos povoamentos variou de 4,7 a 11 t/ha. O valor médio de queda de folheto foi de 5,2 t/ha e não houve correlação com a idade do povoamento. A queda de folheto teve um máximo no verão e mínimo no inverno. Diferenças significativas nas concentrações de nutrientes nas folhas não se relacionaram com a idade dos povoamentos. O conteúdo de P no solo superficial diminuiu com a idade.

Em florestas de *Eucalyptus diversicolor* com 2, 6, 9, 40 anos e uma floresta madura (O'Connell & Menage, 1982) a taxa anual de produção de serapilheira aumentou com a idade dos povoamentos, variando de 1,13 t/ha em uma regeneração com 2 anos de idade a 9,45 t/ha na floresta madura. Após o fechamento do dossel e o sub-bosque ter se desenvolvido a queda de folheto foi relativamente independente da idade do povoamento. As concentrações de N, P, K, S e Mn no folheto diminuíram com o aumento na idade do povoamento. O sub-bosque nos povoamentos estudados, desempenhou um papel chave na ciclagem de nutrientes; contribuindo com 30-70 % do peso de alguns elementos transferidos pelo folheto, principalmente N, S, Cu e Zn.

No Brasil, uma floresta tropical úmida primária no Estado do Pará, foi comparada com uma capoeira de três anos de idade quanto à produção de serapilheira e conteúdo de nutrientes (Dantas, 1986). Na floresta primária a produção de serapilheira e a variação na distribuição espacial foram maiores do que na capoeira. Entretanto, a serapilheira produzida pela capoeira apresentava teores mais elevados de nutrientes.

Em um estudo similar, no sudeste da Bahia, em uma floresta de Tabuleiro, Silva (1990) comparou uma floresta primária com uma capoeira de 12 anos, não encontrando diferenças entre a produção de serapilheira nos dois estágios estudados. Entretanto, na capoeira foi observado um maior acúmulo de manta. Ewel (1976) estudando a produção de serapilheira e decomposição do folheto, numa sucessão florestal no leste da Guatemala encontrou que a produção de serapilheira aumentava de acordo com a idade, atingindo um valor máximo aos 14 anos; valor que não diferia significativamente de uma floresta madura adjacente.

Uma das características mais peculiares em uma floresta é a formação de uma camada de detritos sobre o solo (Pritchett, 1986). A quantidade de detritos acumulados sobre o solo florestal depende do balanço entre produção e decomposição da serapilheira. Um dos métodos convencionalmente empregados para estimar a taxa de decomposição da serapilheira *in situ* é utilizado quando os pesos da manta e da queda anual de serapilheira são conhecidos e através da razão entre elas, pode ser calculada uma “constante anual de decomposição” (Olson, 1963).

A decomposição da manta e a mineralização do C e N é afetada direta e indiretamente pela fauna do solo; pois esta, através de sua atividade de alimentação, pode determinar a distribuição, atividade e composição da comunidade de microrganismos decompositores da manta (Anderson, 1988). O nível das populações de invertebrados do solo sofre sazonalidade. Frith & Frith (1990) encontraram maiores densidades de populações durante a estação mais chuvosa, em uma floresta tropical pluvial na Austrália.

A velocidade de decomposição da serapilheira e a taxa de acúmulo de nutrientes na manta dependem de vários fatores, principalmente os relacionados à qualidade do substrato e ao ambiente onde se desenvolve o processo de decomposição. Os principais fatores relacionados à qualidade são os teores de C, N, P, as relações: C/N e C/P. Os teores de lignina, polifenóis e as relações entre essas substâncias e o N também podem influenciar as taxas de decomposição da Serapilheira (Palm & Sanchez, 1991). Os fatores ambientais mais importantes são umidade e temperatura do ar e do substrato

(Orsborne & Macauley, 1981), a fertilidade do solo também exerce influência nas taxas de decomposição da serapilheira (Raulund & Vejre, 1995).

Povoamentos florestais constituídos por espécies semelhantes em solos com diferentes níveis de fertilidade podem apresentar diferenças na quantidade de manta e nutrientes acumulados sobre o solo. Raulund & Vejre (1995), comparando o acúmulo de C, N, e P na manta em povoamentos de 4 espécies arbóreas em dois sítios de diferente qualidade, encontraram sob todas as espécies maior acúmulo de manta no solo menos fértil. As relações C/N nas mantas não demonstraram relação com a fertilidade, enquanto as relações C/P foram significativamente menores no sítio mais fértil. Diferenças nas taxas de mineralização foram atribuídas a maior penetração de raízes na manta do sítio mais pobre, aumentando a competição entre os decompositores da matéria orgânica, micorrizas e raízes de árvores, comparado a quase nenhum enraizamento na manta no sítio mais fértil.

Harrison (1982) avaliou as relações entre a taxa de mineralização do P-orgânico lábil do solo e propriedades químicas e físicas de 50 solos florestais; foi encontrado que a taxa de mineralização do P-orgânico era dependente do pH e do conteúdo de Ca trocável do solo, mas além disso, foi observada uma forte interação com a época do ano e com o tipo de material de origem do solo. Boerner (1984) que avaliou a decomposição da serapilheira em quatro florestas ao longo de um gradiente de fertilidade do solo, verificou que o nível de nutrientes no solo controlava a transferência de nutrientes pela serapilheira e a taxa de decomposição, sendo maiores nos solos mais férteis. As taxas de mineralização de Ca e P foram fortemente correlacionadas com a disponibilidade desses elementos no solo.

Outros fatores que influenciam a qualidade do sítio, tais como exposição, posição no relevo e existência de clareiras exercem influência indireta sobre as taxas de decomposição da serapilheira, pois podem afetar a disponibilidade de luz (calor), água e nutrientes. Os efeitos da espécie, exposição e posição no relevo na decomposição de serapilheira em uma floresta latifoliada nos Estados Unidos foram avaliados por Mudrick

et al. (1994). Todos os efeitos estudados foram significativos. Geralmente folhas colocadas na meia-encosta decompuseram mais lentamente do que nas posições topográficas de topo ou baixada. Folhas colocadas na face norte decompuseram mais rápido do que aquelas na face sul. Populações de micro-artrópodes foram maiores na face norte. Conteúdo de N e P das folhas permaneceu mais ou menos constante com o tempo; K e Mg diminuíram como tempo enquanto o Ca aumentou em algumas espécies e diminuiu em outras.

O efeito do tamanho da clareira na decomposição da serapilheira e na atividade microbiana foi avaliado por Zhang et al. (1995) em uma floresta subtropical na China. A decomposição da serapilheira foi mais rápida sob o dossel fechado ou dentro de pequenas clareiras do que em clareiras grandes ($\varnothing \geq 30$ m). Entre os parâmetros de qualidade da serapilheira, o conteúdo inicial de N foi o que melhor se correlacionou com a taxa anual de decomposição. Entre os fatores microclimáticos, o conteúdo de umidade do solo foi o melhor previsor. A taxa de decomposição dentro de 5 classes de tamanho de clareira diferentes, foi linearmente correlacionada com a atividade microbiana. Foi concluído que nas clareiras maiores as mudanças nas condições ambientais reduzem significativamente a atividade microbiana e a decomposição da serapilheira.

Na Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul, Galvão et al. (1991) analisaram a decomposição foliar de algumas espécies arbóreas sucessionais. Foi empregado o método da decomposição em saquinhos (*litterbags*) de tela de náilon. Foram avaliadas as taxas de decomposição de 18 espécies, entre pioneiras, secundárias iniciais e tardias e espécies de sub-bosque. As espécies sucessionais iniciais decompuseram mais rapidamente do que as de estágios mais avançados da floresta e a biomassa foliar remanescente correlacionou-se negativamente com o conteúdo inicial de N e positivamente com a relação C/N no folheto.

Na Guatemala, em florestas secundárias 3, 6, 9 e 14 anos, uma floresta estacional decidual madura e em um sítio que havia sido removida toda a vegetação, Ewel (1976) estudou a decomposição da serapilheira. O folheto de seis espécies foi

testado para avaliar as suas taxas de decomposição, quatro das espécies utilizadas eram típicas de estágios sucessionais iniciais e seus folhedos decompuseram mais rapidamente do que os folhedos de duas espécies típicas de floresta madura. A decomposição ocorreu em taxas semelhantes sob todas as idades de vegetação, exceto no sítio que tinha sido totalmente limpo de vegetação, onde a decomposição foi significativamente mais lenta.

Fournier & Fournier (1977) estudaram a produção e decomposição da serapilheira em povoamentos naturais com 11, 21 e 30 anos de idade, na Costa Rica. Os autores não encontraram diferenças nas taxas de decomposição da serapilheira em florestas secundárias com 21 e 30 anos de idade, mas relataram uma taxa de decomposição ligeiramente menor no povoamento com 11 anos de idade.

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1- Descrição da Área Experimental

3.1.1- Local

A área experimental situa-se na localidade de Vale Vêneto, no município de São João do Polesine, próximo à cidade de Santa Maria (RS). As coordenadas geográficas do local são 29°40' S e 53°35' W e a altitude varia entre 150 e 350 m acima do nível do mar. O experimento de campo foi instalado em uma microbacia hidrográfica (aproximadamente 50 ha) coberta com vários estágios sucessionais de floresta nativa. As Figuras 1 e 2 mostram a paisagem da região e a área de estudo.

3.1.2 Descrição e histórico das áreas

Na microbacia florestada escolhida para a instalação do experimento foram selecionados três áreas para estudo: uma capoeira com 13 anos de idade, um capoeirão com 19 anos de idade e uma mata secundária, com mais de 30 anos sem exploração madeireira.

O terreno ocupado pela capoeira com 13 anos, primitivamente era floresta, que foi substituída por cultivos agrícolas no sistema de roça e queima. A última intervenção com corte e queima da vegetação secundária para plantio ocorreu em 1981. Em 1994 as árvores já dominavam a fisionomia da vegetação, mas o dossel ainda não estava completamente fechado.

Figura 1 Vista da paisagem da região de estudo. Localidade de Vale Vêneto, São João do Polesine (RS).

A área do capoeirão com 19 anos de idade possui um histórico semelhante ao da capoeira. A diferença principal reside no tempo decorrido após a última intervenção com corte e queima da vegetação, que neste povoamento foi em 1975. O dossel do capoeirão já era fechado no começo do experimento, mas a estratificação vertical era incipiente, com ausência de espécies típicas de sub-bosque. A altura média do estrato superior era de 10 m.

A mata com mais de 30 anos, ao contrário das outras áreas, nunca sofreu corte raso, entretanto, o povoamento sofreu extração seletiva de madeira, desconhecendo-se a magnitude e a recorrência desse tipo de intervenção. Moradores antigos da região afirmam, que há mais de 30 anos a área não é utilizada para extração de madeira. A mata possui dossel contínuo, a estratificação vertical das copas é bem definida, árvores típicas de sub-bosque são abundantes, e são frequentes lianas lenhosas e árvores dominantes com grandes troncos.

Figura 2 Vista da área, com mata secundária nas partes mais altas do relevo e capoeira e roça nas partes mais planas. Vale Vênето, São João do Polesine (RS).

Figura 3 Vista da Mata com mais de 30 anos, na parte inferior direita da foto, pode-se ver a região de transição entre a Mata e o Capoeirão com 19 anos. Vale Vênето, São João do Polesine (RS).

3.1.3- Relevo e exposição dos sítios

O relevo geral da microbacia é forte ondulado a montanhoso, com declives variando de 5° até mais de 35°, formando um vale profundo em 'V'. O terreno onde está a capoeira tem uma inclinação que varia entre 5° e 15° e apresenta exposição SE. A topografia do capoeirão assemelha-se à da capoeira, com declives entre 7° e 18°, e a exposição predominante é para o leste. O terreno da mata é mais inclinado do que os terrenos do capoeirão e da capoeira, oscilando as pendentes entre 20° e 35° de inclinação, com exposição predominante NE.

3.1.4- Clima

Conforme a classificação climática de Köppen, a região apresenta um clima subtropical úmido do tipo Cfa. A temperatura média anual é de 19,2 °C, com variação das temperaturas médias mensais entre 14 e 25 °C. A precipitação média anual é de 1961 mm, distribuída de maneira mais ou menos regular ao longo do ano, entretanto, pode ocorrer déficit hídrico igual a 100 mm uma vez a cada 10 anos (Mota et al. 1971).

Figura 4 Valores Normais de temperatura média mensal e precipitação pluviométrica para a região de Santa Maria, RS.

A Figura 4 mostra os valores normais de temperatura média e precipitação pluviométrica em Santa Maria, observado no período entre 1931 e 1960.

3.1.5- Geologia e solo

A formação geológica da área de estudo pertence à Serra Geral do Brasil. Geomorfologicamente os morros da região foram formados pela erosão dos rebordos do planalto sul-brasileiro. A Serra Geral nessa região é formada por uma sucessão de derrames basálticos que foram intercalados pela deposição de arenitos eólicos. Sartori et al. (1975) demonstraram que a composição química das rochas efusivas é variável entre os derrames, principalmente, entre os três primeiros e o último. Neste último, recobrando a maior parte do planalto gaúcho, foram constatados teores de cálcio e magnésio inferiores e de potássio superior, caracterizando-o como de qualidade inferior aos primeiros. Os primeiros derrames de basalto tem ocorrência restrita às áreas de relevo montanhoso, como na área de estudo, onde o processo milenar de erosão expôs as rochas pertencentes aos primeiros derrames, mais ricas em bases. Isto garante aos solos desenvolvidos nesses terrenos pH e teor de bases trocáveis elevados, em comparação com a maior parte dos solos do planalto rio-grandense, mais ácidos e pobres em bases.

De acordo com o *Levantamento dos Solos do Rio Grande do Sul* (Brasil, 1973), na região de estudo ocorre a Unidade de Mapeamento ‘Associação Ciríaco-Charrua’. São solos pouco desenvolvidos que apresentam perfis com sequência A/D, porosos com muita pedregosidade no horizonte A. Apresentam saturação de bases alta, ligeiramente ácidos e valores elevados de S, T e V.

Nas três áreas o solo apresentou a sequência de horizontes A/D, mas na capoeira e no capoeirão a profundidade do solo era maior do que na mata, onde, inclusive, havia afloramento de rochas em vários pontos.

TABELA 1- Fertilidade do solo sob povoamentos florestais nativos com 13 anos (capoeira), 19 anos (capoeirão) e mais de 30 anos de idade (mata secundária), em Vale Vêneto, Silveira Martins (RS).

Povoamento	Prof. cm	pH		MO	P	K	Ca+Mg	Al
		H ₂ O 1:1	SMP	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol. dm ⁻³		
Mata	0-10	6,0	6,4	78	32,0	5,1	150	0
	10-20	6,0	6,2	37	n.d.	4,4	90	0
Capoeirão	0-5	5,7	6,2	41	29,0	5,1	85	0
	5-10	5,4	5,9	23	23,2	5,1	80	0
	10-20	5,2	5,6	10	24,0	5,1	75	2
	20-50	5,2	6,2	4	27,0	4,5	80	2
Capoeira	0-5	5,3	5,6	38	29,0	4,7	85	0
	5-10	5,0	6,2	26	21,3	3,7	80	2
	10-20	5,1	6,2	4	23,2	2,5	67	2
	20-40	5,0	6,0	4	31,0	2,7	70	4
	40-60	5,1	6,3	4	30,0	2,7	90	4

Amostras de solo dos povoamentos foram analisadas quimicamente para avaliação de fertilidade. As amostras foram coletadas no perfil de três trincheiras cavadas nos povoamentos, uma em cada. As trincheiras foram cavadas em locais representativos do relevo dos povoamentos. As amostras foram analisadas no Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (RS), utilizando a metodologia de rotina, proposta por Tedesco et al. (1985).

A Tabela 1 mostra os resultados da análise de fertilidade nas amostras de diversas profundidades no solo. Os resultados demonstraram que os solos são ligeiramente ácidos, com elevados teores de cálcio, magnésio e potássio, apresentam alta saturação de bases e baixos teores de alumínio trocável. O teor de matéria orgânica é de médio a alto e o teor de P disponível, em função da classe textural dos solos, classifica-se entre médio e suficiente.

3.2- Composição florística e fitossociológica dos povoamentos

A composição florística foi avaliada percorrendo os sítios, anotando as espécies observadas e coletando material botânico para posterior identificação. A identificação das espécies foi realizada por J.N.C. Marchiori, curador do Herbário do Departamento de Ciências Florestais da UFSM.

A Tabela 2 apresenta uma relação de espécies observadas na capoeira, capoeirão e mata. Foram identificadas 55 espécies arbóreas e arbustivas pertencentes a 28 famílias botânicas. Os três sítios apresentaram sete espécies em comum. Trinta e uma espécies foram comuns a dois povoamentos e vinte e nove espécies foram observadas em apenas um deles. As espécies observadas exclusivamente na capoeira, em sua maioria eram espécies pioneiras, ao passo que, a maior parte das espécies encontradas exclusivamente na mata secundária, eram típicas de sub-bosque ou secundárias tardias.

Na capoeira, as espécies mais representativas da comunidade eram *Mimosa bimucronata*, *Ocotea puberula*, *Phytolacca dioica* e *Cabralea canjerana*. A capoeira estava em fase de fechamento de copas e as árvores mais altas eram da espécie *O. puberula* com altura total de aproximadamente 8 m. Um pouco mais baixo do que as copas das árvores de *O. puberula*, as copas de *Mimosa bimucronata* formavam um segundo ‘estrato’, que não ultrapassava 6m de altura. No capoeirão, as espécies mais importantes e representativas eram *Ocotea puberula*, *Cupania vernalis* e *Parapiptadenia rigida*. As árvores dominantes no povoamento com 19 anos de idade possuíam altura total entre 10 e 13 m. Na mata secundária, as espécies *Alchornea triplinervia*, *Nectandra megapotamica* e *Cabralea canjerana* eram as com maior importância na comunidade. A altura média do estrato superior variava entre 13 e 15 m. Dentre as espécies que compunham o sub-bosque da mata, as principais eram *Trichilia claussenii* e *Sorocea bonplandii*.

Tabela 2- Lista de espécies arbóreas e arbustivas encontradas na capoeira, capoeirão e mata. Vale Vêneto, São João do Poletine -RS. (Cat. Sucess. = Categoria sucessional, baseada na classificação dada por Tabarelli, 1992).

Família	Nome científico	Nome comum	Cat. Sucess.	Capoeira	Capoeirão	Mata
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> (addi)	Aroeira-vermelha	Secund. inic.	x		
Annonaceae	<i>Rollinia salicifolia</i> Schlechtendal	Araticum	Secund. tard.	x		
Areaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glass.	Jerivá	Pioneira		x	x
Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC	Vassoura	Pioneira	x		
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i> (L.) Kunth.	Carobinha	Pioneira		x	
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo)	Louro-pardo	Secund. inic.	x	x	
Boraginaceae	<i>Patagonula americana</i> Linnaeus	Guajuvira	Secund. inic.			x
Caricaceae	<i>Carica quercifolia</i> (Saint-Hilaire)	Mamoeiro-do-mato	Secund. inic.		x	
Ebenaceae	<i>Maba inconstans</i> (Jacq.) Griseb.	Maria-preta	Secund. tard	x	x	
Euphorbiaceae	<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Muell. Arg.	Laranjeira-do-mato	Sub-bosq.			x
Euphorbiaceae	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Muell. Arg.	Tanheiro	Secund. inic.		x	x
Euphorbiaceae	<i>Pachystroma longifolium</i> (Nees) I.M. Johnston	Mata-olho	Secund. tard			x
Euphorbiaceae	<i>Sebastiania klotzchiana</i> (Müller Argoviensis)	Branquilho	Secund. inic.	x	x	
Fabaceae	<i>Erythrina falcata</i> Bentham	Corticeira-da-serra	Secund. tard.		x	
Fabaceae	<i>Myrocarpus frondosus</i> Freire Alemão	Cabruva	Secund. inic.	x	x	
Fabaceae	<i>Machaerium stiptatum</i> Vogel	Farinha-seca	Secund. inic.		x	
Fabaceae.	<i>Dalbergia variabilis</i> Vogel	Rabo-de-bugio	Pioneira	x	x	x
Flacourtiaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Swartz	Chá-de-bugre	Secund. inic.	x	x	x
Lauraceae	<i>Nectandra rigida</i> Nees	Canela-amarela	Secund. tard.		x	
Lauraceae	<i>Nectandra megapotamica</i> Mez	Canela-preta	Secund. tard.		x	x
Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i> Nees	Canela-guaicá	Secund. inic.	x	x	x
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vellozo)	Canjerana	Secund. tard.	x	x	x
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vellozo	Cedro	Secund. tard.	x	x	
Meliaceae	<i>Trichilia clauseni</i> C. de Candolle	Catiguá-vermelho	Sub-bosq.			x
Meliaceae	<i>Trichilia elegans</i> A. Jussteu	Pau-de-ervilha	Sub-bosq.			x
Mimosaceae	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vellozo) Morong	Timbaúva	Secund. inic.	x	x	
Mimosaceae	<i>Inga</i> sp.	Ingá	Secund. inic.		x	x
Mimosaceae	<i>Mimosa bimucronata</i> (De Candolle) O. Kuntze	Maricá	Pioneira	x		

Tabela 2- Lista de espécies arbóreas e arbustivas observadas na capoeira, capoeirão e mata. Vale Vêneto, São João do Polesine - RS (Continuação).

Família	Nome científico	Nome comum	Cat. Success.	Capoeira	Capoeirão	Mata
Mimosaceae	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Bentham) Brenan	Angico-vermelho	Secund. inic.	x	x	x
Moraceae	<i>Ficus</i> sp	Figueira-do-mato	Secund. tard.			x
Moraceae	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baillon) Burger, Lanjow & Boer	Cincho	Sub-bosq.			x
Myrsinaceae	<i>Rapanea ferruginea</i> (Ruiz et Pavon) Mez	Capororoquinha	Secund. inic.	x		
Myrsinaceae	<i>Rapanea umbellata</i> (Martius ex A. de Candolle) Mez	Capororocão	Secund. inic.			x
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> Berg.	Guabirobeira	Secund. inic.	x		
Myrtaceae	<i>Eugenia rostrifolia</i> Legrand.	Batinga-vermelha	Secund. tard.	x		x
Myrtaceae	<i>Myrcianthes pungens</i> (Berg) Legrand	Guabijú	Secund. tard.			x
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca dioica</i> Linnaeus	Umbú	Secund. inic.	x		
Rosaceae	<i>Prunus subcoriaceae</i> (Chod. et Hassl.) Hoehne	Pessegueiro-do-mato	Secund. inic.	x		x
Rosaceae	<i>Quillaja brasiliensis</i> Martius	Pau-de-sabão	Secund. inic.	x		
Rutaceae	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lamb.	Mamica-de-cadela	Secund. inic.	x		
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (Saint-Hilaire) Raldkofer	Chal-chal	Sub-bosq.			x
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i> Cambessedes	Camboatá-vermelho	Secund. tard.	x		x
Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i> (Linnaeus) Jacquin	Vassoura-vermelha	Pioneira	x		
Sapindaceae	<i>Matayba elaeagnoides</i> Raldkofer	Camboatá-branco	Secund. tard.	x		x
Sapotaceae	<i>Cryosophyllum marginatum</i> (Hooker et Arnott) Raldkofer	Aguai-vermelho	Secund. tard.	x		x
Sapotaceae	<i>Pouteria gardneriana</i> (De Candolle) Raldkofer	Aguai-guaçu	Secund. inic.			x
Saxifragaceae	<i>Escallonia montevidensis</i> Chamisso	Canudo-de-pito	Pioneira	x		
Solanaceae	<i>Cestrum calycinum</i> Willdenow	Coerana	Pioneira	x		
Solanaceae	<i>Solanum erianthum</i> D. Don	Fumo-bravo	Pioneira	x		
Solanaceae	<i>Solanum inaequale</i> Vellozo	Canema	Pioneira		x	
Ulmaceae.	<i>Trema micrantha</i> (Linnaeus) Blume	Grandiúva	Pioneira		x	
Urticaceae	<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	Urtigaão-manso	Pioneira	x		
Urticaceae	<i>Urera baccifera</i> Gaud.	Urtigaão-bravo	Sub-bosq.			x
Verbenaceae	<i>Cyrtarexylum solanaceum</i> Chamisso	----	Pioneira	x		

A Tabela 3 exibe parâmetros que caracterizam a estrutura horizontal e vertical dos povoamentos estudados na época do estudo.

Tabela 3. Parâmetros da estrutura horizontal e vertical da Capoeira, Capoeirão e Mata secundária. Vale Vêneto, São João do Polêsine - RS.

Parâmetro	Capoeira	Capoeirão	Mata
Densidade (Núm. de árvores / ha)	1773	3066	1507
Densidade relativa de árvores com DAP entre 5 e 10 cm. (%)	79,7	61,6	48,7
Dominância (Área basal) (m ² / ha)	12,27	39,43	53,4
Dominância relativa de árvores com DAP entre 5 e 10 cm. (%)	39,0	17,5	4,6
Altura estrato superior. (m)	6 - 8	10 - 12	12 - 15
Altura do estrato médio. (m)	4 - 5	4 - 8	5 - 10

3.3- Avaliação da produção de serapilheira

A produção de serapilheira foi avaliada locando-se 1 parcela de 2 ha em cada uma das três áreas estudadas. Em cada parcela foram instaladas, aleatoriamente, 10 coletores de serapilheira.

Os coletores foram construídos com madeira, formando um quadrado com 1 m² de superfície útil para captação, altura de 10 cm e fundo de tela de náilon com malha de 1 mm. Os coletores foram mantidos a uma altura de 20 cm do solo. A serapilheira foi recolhida mensalmente por um período de 24 meses, entre agosto de 1993 e julho de 1995.

No primeiro ano de coleta, entre agosto de 1993 e julho de 1994, a serapilheira foi separada em três frações: (a) folheto; (b) galhos finos (diâmetro menor ou igual a 1 cm) e (c) detritos diversos (flores, frutos, sementes, cascas, resíduos não identificados etc.). Durante os dez primeiros meses de coleta, o folheto após ser separado das demais frações, sofreu uma segunda triagem na qual se separou o folheto das espécies mais importantes na produção de folheto, em cada povoamento. No segundo ano de coleta, a serapilheira não foi separada em frações e apenas o peso seco

total foi determinado, excluindo galhos grossos ($\varnothing > 1$ cm). Após a separação, o material era secado em estufa a uma temperatura de 80°C e o peso seco determinado em balança analítica (precisão de 0,01g).

Após as determinações de peso seco, as frações semelhantes da serapilheira, provenientes dos coletores de um mesmo povoamento e mês de coleta, eram reunidas e trituradas em um moinho tipo *Wiley*. As amostras moídas, das diferentes frações da serapilheira derrubada mensalmente nos povoamentos, foram analisadas para determinação das concentrações de N, P, K, Ca e Mg.

No mês de outubro de 1993, amostras do folheto de espécies importantes nas comunidades estudadas foram analisadas separadamente para determinação das concentrações de N, P, K, Ca e Mg.

3.4- Decomposição da serapilheira

As taxas de decomposição da serapilheira foram estimadas através do coeficiente de decomposição k (Olson, 1963). A constante anual de decomposição ou simplesmente coeficiente k é calculada pela relação entre a serapilheira produzida anualmente (L) e o valor médio de manta acumulada sobre o solo (X_{ss}). Logo, a constante k foi calculada pela equação $k = L / X_{ss}$. O modelo assume que a velocidade de decomposição da serapilheira diminui exponencialmente com o tempo, portanto, o tempo necessário para o desaparecimento de 50% da serapilheira produzida pode ser estimado através da expressão $t_{0,05} = \ln 0,5 / k$. (Olson, 1963).

Para determinar os estoques médios de manta existente sobre o solo dos povoamentos foram realizadas doze coletas em intervalos bimensais. As parcelas para coleta de manta possuíam 0,25 m² de área, e em cada oportunidade eram coletadas 10 amostras. Utilizava-se um quadro de madeira para demarcar as parcelas, durante o recolhimento do material. As amostras eram recolhidas e embaladas em sacos plástico identificados.

No laboratório, antes da secagem em estufa, as amostras eram peneiradas através de uma malha de 4 mm, para reduzir a contaminação por húmus solto e partículas de solo. Todas as raízes foram separadas e descartadas, assim como galhos com diâmetro maior do que 1 cm. Em seguida, as amostras eram secas em estufa a 80°C até atingirem peso constante e os seus pesos quantificados em balança analítica (precisão 0.01g).

As 12 coletas de manta efetuadas, foram separadas em dois períodos, o primeiro, entre setembro de 1993 e julho de 1994 e o segundo, entre setembro de 1994 e julho de 1995. Para esses dois períodos foram calculados dois valores médios, um para cada ano, para serem utilizados no cálculo do coeficiente de decomposição (k) da serapilheira.

Durante o primeiro ano de coleta, sub-amostras da manta coletada sobre o solo dos povoamentos, em setembro de 1993 e março de 1994, foram analisadas quimicamente para determinação das concentrações de N, P, K, Ca e Mg.

Os estoques de nutrientes imobilizados na manta foram calculados multiplicando o conteúdo médio de nutrientes entre as duas épocas de amostragem pelo peso médio de manta sobre o solo dos povoamentos no período entre setembro de 1993 e julho de 1994. O tempo de renovação dos estoques de nutrientes na manta foi calculado como a razão entre a quantidade de nutrientes fornecida anualmente pela queda de serapilheira e os estoques de nutrientes imobilizados na manta.

3.5- Análises químicas do material vegetal

As análises químicas das amostras foram realizadas no Laboratório de Hidrologia, Ecologia e Nutrição Florestal do LCF ESALQ/USP. Foram analisados os teores de N, P, K, Ca e Mg nas diferentes frações da serapilheira derrubada mensalmente nos povoamentos, entre agosto de 1993 e julho de 1994. Amostras do folheto derrubado por 25 espécies vegetais foram analisadas separadamente, em sub-amostras coletadas em outubro de 1993, no qual ocorreu um pico de máxima queda de folheto. Amostras de

manta, coletadas em outubro de 1993 e maio de 1994, também foram analisadas para determinação dos teores de N, P, K, Ca e Mg.

A metodologia empregada nas análises foi a de Sarruge & Haag (1974). Os teores de nitrogênio nos tecidos vegetais foram determinados por destilação a vapor pelo método micro-Kjedal. As concentrações de fósforo foram determinadas por colorimetria, pelo método do vanado-molibdato de amônio, em espectrofotômetro convencional. Os elementos potássio, cálcio e magnésio foram quantificados por espectrofotometria de absorção atômica.

3.6- Eficiência de utilização de nutrientes

A eficiência de utilização de nutrientes foi calculada para os elementos N, P, Ca e Mg na fração folhas da serapilheira. A eficiência de utilização de nutrientes foi estimada pela relação biomassa / nutriente (Vitousek, 1982), que é o inverso das concentrações desses nutrientes no folheto.

3.7- Análise dos dados

Para comparar as florestas, quanto aos diversos parâmetros medidos, foram executadas análises de variância e de correlação utilizando as ferramentas de análise estatística do programa Microsoft Excel® versão 5.0. Quando diferenças significativas foram detectadas, as médias foram ordenadas através do teste de Tukey.

Quanto à produção de serapilheira, os dados foram analisados em três escalas temporais: mensal, anual e por estação climática. O agrupamento das produções mensais de serapilheira em estações, foi feito por trimestres, com dezembro, janeiro e fevereiro arbitrados como o período de ‘verão’; março, abril e maio como ‘outono’; junho, julho e agosto representando o ‘inverno’ e setembro, outubro e novembro representando a ‘primavera’. Após este procedimento, foi calculado, entre os dois anos avaliados, o valor médio de serapilheira produzida em cada estação.

4-RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Serapilheira

4.1.1- Produção média anual de serapilheira

A Tabela 4 mostra as quantidades mensais e as médias anuais de serapilheira produzida na capoeira, capoeirão e mata secundária durante o período avaliado. A produção de serapilheira aumentou com a idade dos povoamentos. A quantidade média anual de serapilheira produzida nos povoamentos com 13, 19 e mais de 30 anos foi respectivamente de 5753,6 kg/ha, 7951,6 kg/ha e 9457,1 kg/ha.

A quantidade de serapilheira produzida aumentou com a idade da vegetação. As produções na capoeira com 13 anos e no capoeirão com 19 anos equivaleram, respectivamente, a 60% e 84% da quantidade de serapilheira produzida na mata mais antiga. Entretanto, não houve diferença significativa entre as quantidades de serapilheira produzidas nas florestas com 19 e mais de 30 anos de idade. A produção de serapilheira na capoeira de 13 anos foi significativamente inferior às quantidades produzidas na mata mais antiga ($P= 0,003$) e no capoeirão ($P= 0,012$)

Ewel (1976) e Fournier & Fournier (1977) compararam a produção de serapilheira em florestas tropicais com diferentes idades na América Central. Ewel (1976) não encontrou diferença na produção de serapilheira em uma floresta secundária de 14 anos comparada a uma floresta madura. Fournier & Fournier (1977), ao avaliarem três florestas secundárias com 11, 21 e 30 anos de idade, não encontraram diferença entre as produções de serapilheira nas duas florestas mais desenvolvidas.

Tabela 4- Produções médias mensais de serapilheira $\pm$ intervalo de confiança (IC); para a Capoeira, Capoeirão e Mata, entre agosto de 1993 e julho de 1995 (24 meses) (IC com $\alpha = 0,05$). Vale Vêneto, Silveira Martins, RS.

Mês de coleta	CAPOEIRA		CAPOEIRÃO		MATA	
	Média	$\pm$ IC	Média	$\pm$ IC	Média	$\pm$ IC
	kg / ha					
Agosto / 93	347,33	129,16	579,02	127,24	873,47	104,72
Setembro / 93	405,38	183,21	628,47	112,82	848,57	81,78
Outubro / 93	728,10	163,24	1327,98	158,33	1910,68	338,06
Novembro / 93	491,39	100,18	870,61	167,14	1127,28	223,74
Dezembro / 93	402,71	48,78	655,65	95,23	585,41	126,78
Janeiro / 94	355,67	58,20	533,33	50,13	595,65	106,59
Fevereiro / 94	298,85	46,13	409,51	71,15	310,34	47,43
Março / 94	362,21	63,20	392,19	44,59	359,04	74,16
Abril / 94	589,59	124,23	493,08	149,81	386,82	51,48
Mai / 94	903,53	243,20	1560,68	219,57	1604,14	233,95
Junho / 94	524,60	210,33	540,76	148,82	643,65	158,50
Julho / 94	471,92	92,07	835,99	144,89	1192,27	158,99
Total Ano 1	5881,28	1461,93	8827,27	1489,72	10437,32	1706,18
Agosto / 94	348,66	114,68	448,00	95,35	600,05	71,45
Setembro / 94	521,70	120,51	1068,15	167,25	1648,02	170,38
Outubro / 94	565,90	122,94	667,13	107,39	641,47	93,74
Novembro / 94	465,58	99,75	615,21	85,24	868,10	129,95
Dezembro / 94	379,12	60,05	454,55	59,37	606,10	112,83
Janeiro / 95	507,81	42,41	496,73	49,40	552,09	110,45
Fevereiro / 95	399,95	74,14	438,01	60,06	332,53	34,84
Março / 95	704,59	125,37	581,64	138,01	661,10	162,26
Abril / 95	386,51	82,40	458,21	126,04	363,55	98,52
Mai / 95	164,98	25,55	222,11	84,21	177,65	42,47
Junho / 95	636,38	294,26	818,96	186,99	1172,93	286,14
Julho / 95	544,66	84,90	807,19	132,64	853,38	163,22
Total Ano 2	5625,84	1246,96	7075,89	1291,95	8476,97	1476,25
Média anual	5753,6		7951,6		9457,1	

O período total de estudo foi dividido em dois períodos de doze meses, entre agosto de 1993 e julho de 1994 e entre agosto de 1994 e julho de 1995. Nos três estágios avaliados, a produção de serapilheira foi maior no primeiro período anual do que

no segundo. Na capoeira a produção de serapilheira no segundo ano, apesar de também ser menor, variou em quantidades menores do que no capoeirão e na mata.

As produções na capoeira com 13 anos e no capoeirão com 19 anos equivaleram, respectivamente, a 61% e 84% da quantidade de serapilheira produzida na mata mais antiga, apesar de representarem, respectivamente, 23 % e 74% da área basal existente na mata com mais de 30 anos (Tabela 3). Segundo Miller (1981; 1995), durante a fase inicial de desenvolvimento de um povoamento florestal, a maior parte da energia e dos nutrientes são alocados para a construção da biomassa foliar. A biomassa foliar aumenta até as copas das árvores fecharem o dossel do povoamento. A partir do fechamento do dossel da floresta, o índice de área foliar, a biomassa de folhas vivas e a queda de serapilheira tendem a estabilizar, e ocorre um aumento nos recursos alocados para a produção de material lenhoso. Brown & Lugo (1990) tem a mesma teoria para a alocação de recursos em florestas secundárias ou seja, nas florestas secundárias a produção de folhagem também é priorizada até ocorrer o fechamento do dossel e só então, quando estabiliza a produção de folhas e consequentemente a produção de serapilheira e a ciclagem de nutrientes, é que o crescimento do povoamento em área basal e volume de madeira começa a ser expressivo.

As produções de serapilheira nas florestas com 19 e mais de 30 anos são comparáveis às quantidades produzidas em Florestas Mesófilas Semidecíduas do interior do Estado de São Paulo, que em média produzem entre 7 t / ha / ano e 11,6 t / ha / ano (Meguro et al.; 1979; Diniz, 1987; Pagano, 1989a; Poggiani & Monteiro Jr., 1990; Schlittler, 1990; Morellato, 1992; Cezar, 1993a).

4.1.2 Sazonalidade na produção de serapilheira

A Figura 5 mostra os valores de produção mensal de serapilheira nos três povoamentos comparados aos valores de temperatura média mensal, no período entre agosto de 1993 e julho de 1995. A Figura 6 mostra para o mesmo período, as produções

mensais de serapilheira comparados com os valores mensais de precipitação pluviométrica na região.

Figura 5- Produções mensais de serapilheira na capoeira, capoeirão e mata (linhas) e temperaturas médias mensais (barra), entre agosto de 1993 e julho de 1995. Vale Vêneto, São João do Polêsine (RS).

A maior parte dos picos na derrubada de serapilheira durante o período de estudo, foi comum aos três sítios avaliados (Figuras 5 e 6). No primeiro ano, os meses de maior derrubada de serapilheira foram outubro de 1993 e maio de 1994. No segundo ano, no capoeirão e na mata, as maiores produções de serapilheira foram verificadas em setembro de 1994 e junho de 1995. Já na capoeira, durante o segundo ano de observação, os picos de produção de serapilheira ocorreram em março e junho de 1995.

Durante o período de observação houve uma fraca tendência de relação inversa entre a produção de serapilheira nos povoamentos e a temperatura média mensal do ar (Figura 5). Na Figura 6, percebe-se que a produção de serapilheira é influenciada positivamente pela precipitação pluviométrica. Entretanto as correlações entre essas variáveis e a produção de serapilheira foram fracas. A correlação mais expressiva foi detectada entre a produção de serapilheira na capoeira com 13 anos e a precipitação

pluviométrica ($r = 0,45$; $n=24$). Entre temperatura média mensal e produção de serapilheira a melhor correlação foi encontrada para a floresta mais antiga ($r = -0,24$), também para um período de 24 meses. Outras variáveis analisadas, mas com menor sucesso, foram: umidade relativa do ar e temperatura mínima e máxima do ar (valores médios mensais).

Figura 6- Produções mensais de serapilheira na capoeira, capoeirão e mata secundária versus precipitações totais mensais, entre agosto de 1993 e julho de 1995. Vale Vêneto, São João do Polêsine (RS).

A Figura 7 mostra as produções médias de serapilheira nos povoamentos ao longo das estações do ano. Os valores apresentados são médias entre dois anos de observação. A sazonalidade na produção de serapilheira foi mais acentuada na mata secundária do que no capoeirão e neste maior do que na capoeira, onde não houve diferenças expressivas na produção de serapilheira entre as estações do ano. No capoeirão e principalmente na mata, as menores produções de serapilheira foram observadas no verão, aumentando a partir dessa estação até a primavera, onde se verificou a máxima produção de serapilheira.

Florestas tropicais e subtropicais localizadas em regiões com clima sazonal dividido entre estações seca e chuvosa, apresentam, geralmente, maior produção de serapilheira na época seca do ano, devido ao estresse hídrico. Este comportamento já foi relatado para Florestas Mesófilas Semidecíduas de São Paulo (Meguro et al. 1979; Carpanezzi, 1980; Diniz, 1987; Poggiani & Monteiro júnior, 1990 e Morellato, 1992), e em florestas tropicais úmidas na Amazônia (Klinge & Rodrigues, 1968a; Cuevas & Medina, 1986 e Luizão & Shubart, 1987).

Figura 7- Produções médias de serapilheira na capoeira, capoeirão e mata secundária, ao longo das estações do ano (médias entre dois anos). Vale Vêneto, São João do Polêsine (RS).

Os resultados encontrados na mata secundária e no capoeirão, com maior produção de serapilheira na primavera, concordam com os resultados encontrados em uma mata secundária pertencente à Floresta Estacional Decidual, na região de estudo (Cunha et al., 1993). Maior queda de serapilheira na primavera também foi encontrado para outras florestas do sul do Brasil (Jackson, 1978; Britez et al., 1992) e para uma floresta na Argentina, próximo à fronteira com o Estado do Paraná (Placci et al., 1994). Nas regiões de ocorrência dessas florestas, não existe uma estação seca definida, mas ocorre uma moderada estacionalidade térmica, que atua como seca fisiológica. A maior

derrubada de folhas na primavera, e não no inverno, pode ser explicada pelo clima não muito rigoroso e pela fenologia das espécies que dominam a vegetação, que derrubam maior quantidade de folheto, quando começa o crescimento dos brotos novos. Esta estratégia é comum em espécies que são semicaducifólias ou em árvores perenefoliadas do dossel, que trocam anualmente sua folhagem.

A fenologia das árvores é determinada por fatores endógenos e exógenos (Loubry 1994). A maioria das espécies encontradas na Floresta Estacional, no Sul do Brasil, é originária de regiões com estação seca bem definida, como o interior da região Sudeste e a parte oriental da região Centro-oeste. Nestas regiões ocorre uma estação seca bem definida e o final desta estação coincide com o final do inverno na região sul, portanto, fatores genéticos também podem ter influência marcante sobre a sazonalidade na produção de serapilheira observada na Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul.

4.1.3 Fracionamento da serapilheira

A serapilheira produzida pelas florestas secundárias com 13, 19 e mais de 30 anos foi avaliada durante 24 meses, no período entre agosto de 1993 e julho de 1995. Durante os primeiros doze meses, as frações que compõem a serapilheira (folheto, galhos finos e miscelânea) foram separados e pesados isoladamente. Nesse período, os pesos mensais de serapilheira foram obtidos pelo somatório do peso das três frações isoladas. No segundo ano a serapilheira não foi fracionada e apenas o peso total de serapilheira foi determinado.

Figura 8- Produções mensais das frações folheto, galhos finos, e detritos diversos da serapilheira derrubada entre agosto de 1993 e julho de 1994, na Capoeira (A), Capoeirão (B) e Mata (C). Vale Vêneto, São João do Polêsine, RS.

A Figura 8 demonstra as produções mensais de serapilheira durante o primeiro ano, salientando a participação relativa das diferentes frações que a compuseram. A serapilheira foi composta predominantemente pelas frações folheto e galhos finos. A participação do folheto na serapilheira total no capoeirão e na mata foi de aproximadamente 65% e de 73%, na capoeira. A participação dos galhos finos no peso da serapilheira variou entre 23% na floresta mais jovem e 31% na floresta com 19 anos de idade. A participação relativa de galhos finos na serapilheira da floresta mais antiga foi semelhante à da capoeira. A fração miscelânea foi a que apresentou a menor participação relativa no peso total de serapilheira produzida pelas florestas. Sua participação em peso variou em torno de 4,5% nas florestas mais jovens e 10%, na floresta mais antiga.

A Tabela 5 mostra as estimativas mensais de queda dos diferentes materiais que compuseram a serapilheira entre agosto de 1993 e julho de 1994.

As estimativas mensais de queda de galhos finos e detritos diversos nos povoamentos apresentaram um erro padrão elevado, ultrapassando em quase todos os meses o limite de 10%. A queda de folheto foi melhor estimada do que o total de serapilheira, contudo, em alguns meses, o erro padrão para a queda de folheto nos povoamentos com 13 e 19 anos também foi superior a 10%. A variabilidade na queda de serapilheira foi maior na capoeira com 13 anos do que nos povoamentos mais velhos, o que foi atribuído à descontinuidade do dossel nesse povoamento, que estava em fase de fechamento de dossel. Esta descontinuidade favoreceu a distribuição desuniforme da serapilheira derrubada pela vegetação, aumentando a variabilidade entre os pontos de coleta.

Tabela 5- Produções mensais de folheto, galhos finos e detritos diversos na capoeira, capoeirão e mata, entre 03 de agosto de 1993 e 06 de agosto de 1994. Vale Vêneto, São João do Polêsine, RS.

	CAPOEIRA			CAPOEIRÃO			MATA		
	Folheto	Gal. finos	Det. div.	Folheto	Gal. finos	Det. div.	Folheto	Gal. finos	Det. div.
	kg/ha ¹			kg/ha ¹					
Agosto / 1993	306,1	35,1	6,1	451,6	107,0	20,4	738,3	68,9	66,2
Setembro / 93	343,1	48,6	13,7	441,3	157,2	30,0	697,4	69,5	81,6
Outubro / 93	557,4	141,3	29,4	944,7	305,0	78,2	1259,3	394,3	257,0
Novembro / 93	370,8	89,1	31,5	568,9	258,6	43,1	500,8	506,2	120,3
Dezembro / 93	321,9	55,8	25,0	448,1	131,3	76,3	391,0	75,4	119,0
Janeiro / 1994	297,2	37,0	21,5	394,3	105,0	34,1	427,0	74,2	94,5
Fevereiro / 94	226,3	42,5	31,5	298,2	95,3	16,1	211,8	59,4	39,2
Março / 94	248,6	86,4	27,2	302,1	68,9	21,3	242,3	68,2	48,6
Abril / 94	342,8	223,9	22,9	314,6	157,9	20,6	270,3	67,1	49,5
Maio / 94	546,0	337,4	20,1	654,5	868,7	37,5	801,7	702,2	100,3
Junho / 94	355,6	155,7	13,3	320,2	207,6	13,0	384,1	228,8	30,8
Julho / 94	357,1	101,9	13,0	551,1	272,5	12,4	865,4	247,3	79,5
TOTAL	4273,0	1354,7	255,1	5689,6	2734,9	402,8	6789,5	2561,4	1086,4

A comparação da composição da serapilheira nos povoamentos estudados com outras florestas é válida principalmente para o folheto, devido à sua menor variabilidade em relação às demais frações. A proporção de folheto na serapilheira é comparável às relatadas por Cunha et al. (1993) para uma Floresta Estacional Decidual, no Rio Grande do Sul; por Britez et al. (1992) para uma floresta de Araucária no Paraná e por Meguro et al. (1979), Schlittler (1990) e Morellato (1992) para Florestas Mesófilas Semidecíduas paulistas.

4.1.4 Separação do folheto por espécie

As produções de folheto pelas diferentes espécies que constituíam os povoamentos foram avaliadas por um período de dez meses, entre agosto de 1993 e junho de 1994. Esse período não foi maior devido à excessiva demanda de tempo exigida para esse tipo separação, que estava causando atraso no trabalho como um todo, e por isso foi abreviada. Em cada povoamento mais de 80% do folheto derrubado nos coletores durante o período avaliado foi identificado e quantificado separadamente. A Tabela 6 mostra os resultados desta separação.

Dez espécies apresentaram árvores produzindo serapilheira nos três povoamentos, entre elas *Ocotea puberula*, *Cupania vernalis* e *Cabralea canjerana*. Metade das espécies que tiveram seus folhetos separados foi verificada em apenas um dos povoamentos. Dentre as espécies que ocorreram em apenas um dos povoamentos, a maior parte delas foram espécies pioneiras, encontradas na capoeira, e espécies secundárias tardias e de sub-bosque encontradas na mata com mais de 30 anos.

Nos povoamentos com 13 e 19 anos, as famílias mais importantes na produção de folheto foram as famílias Lauraceae, Mimosaceae, Sapindaceae e Meliaceae. Essas famílias foram responsáveis por 61% e 69% do folheto produzido na capoeira e no capoeirão, respectivamente. Na floresta com mais de 30 anos as famílias Euphorbiaceae,

Lauraceae e Meliaceae foram responsáveis por 61% do folheto derrubado. Estas 5 famílias (Lauraceae, Leguminosae, Euphorbiaceae, Sapindaceae e Meliaceae) foram as que definiram a produção de serapilheira nas comunidades estudadas.

A espécie secundária inicial *Ocotea puberula* foi a mais importante na produção de folheto nos povoamentos com 13 e 19 anos de idade. Na capoeira, a segunda espécie com maior importância na produção de folheto foi *Mimosa bimucronata*. No capoeirão, após *Ocotea puberula*, as espécies que mais derrubaram folheto foram *Cupania vernalis* e *Parapiptadenia rigida*. De modo similar aos povoamentos mais jovens, na mata com mais de 30 anos poucas espécies produziram a maior parte do folheto, com *Alchornea triplinervia*, *Nectandra megapotamica* e *Cabranea canjerana* produzindo mais de metade de todo folheto derrubado no período avaliado.

As espécies mais importantes na produção de folheto nos povoamentos estudados foram as com maior importância em termos de dominância e densidade nas suas respectivas comunidades. Estas espécies, importantes na determinação da estrutura dos povamentos estudados, são comuns e frequentemente dominantes em outras matas da Floresta Estacional Decidual na região (Silva & Longhi, 1989; Machado & Longhi, 1990; Bearzi et al., 1992; Silva et al., 1992 e Vaccaro et al., 1992). Esse grupo de espécies, inclui entre outras, *Parapiptadenia rigida*, *Alchornea triplinervia*, *Ocotea puberula*, *Nectandra megapotamica*, *Cupania vernalis*, *Cabranea canjerana* e *Trichilia clausenii*.

Estes resultados indicam que florestas dominadas por poucas espécies, como as que ocorrem na região central do Rio Grande do Sul, têm sua produção de serapilheira regida pela fenologia dessas poucas espécies que, portanto, tem um papel decisivo no funcionamento de tais ecossistemas.

Tabela 6- Quantidade de folheto produzido por diferentes espécies na capoeira, capoeirão e na mata com mais de 30 anos, no período entre 03 de agosto de 1993 e 06 de junho de 1994 (10 meses). Vale Vêneto, São João do Polésine, RS.

Grup. ecol.	Nome Científico	Nome vulgar	Capoeira		Capoeirão		Mata	
			kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
1	<i>Escallonia megapotamica</i>	Canudo-de-pito	164,8	4,6	-	-	-	-
1	<i>Solanum erianthum</i>	Fumo-bravo	131,0	3,7	-	-	-	-
1	<i>Dodonaea viscosa</i>	Vassoura-vermelha	107,3	3,0	-	-	-	-
1	<i>Boehmeria caudata</i>	Urtigão-manso	92,2	2,6	-	-	-	-
1	<i>Bacharis dracunculifolia</i>	Vassoura	80,9	2,3	-	-	-	-
1	<i>Mimosa bimucronata</i>	Maricá	612,2	17,2	-	-	-	-
1	<i>Cestrum calycinum</i>	Coerana	24,5	0,7	-	-	-	-
1	<i>Dalbergia variabilis</i>	Rabo-de-bugio	-	-	20,6	0,4	101,7	1,9
2	<i>Ocotea puberula</i>	Canela-guaicá	838,9	23,6	1389,0	28,9	112,2	2,1
2	<i>Parapiptadenia rigida</i>	Angico-vermelho	8,6	0,2	423,2	8,8	7,7	0,1
2	<i>Inga sp.</i>	Ingá	-	-	378,9	7,9	-	-
2	<i>Alchornea triplinervia</i>	Tanheiro ou Tapiá	-	-	93,6	2,0	1385,3	25,4
2	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	Guabiroba-do-mato	148,5	4,2	66,3	1,4	-	-
2	<i>Phytolacca dioica</i>	Umbú	5,7	0,2	63,1	1,3	-	-
2	<i>Casearia sylvestris</i>	Chá-de-bugre ou Carvalinho	102,9	2,9	59,0	1,2	6,0	0,1
2	<i>Quilaja brasiliensis</i>	Pau-sabão	8,6	0,2	57,1	1,2	-	-
2	<i>Prunus subcoriacea</i>	Pessegueiro-do-mato	-	-	28,9	0,6	46,1	0,8
2	<i>Patagonula americana</i>	Guajuvira	-	-	-	-	62,1	1,1
2	<i>Pouteria gardneriana</i>	Mata-olho-de-beira-de-rio	-	-	-	-	19,3	0,4
2	<i>Rapanea umbellata</i>	Capororocão	-	-	-	-	132,7	2,4

Grup. ecol. (= Grupos ecológicos): 1- Espécie pioneira; 2- Espécie secundária inicial; 3-Secundária tardia; 4-Espécie de sub-bosque; 5-Cipó.

Tabela 6- Quantidade de folheto produzido por diferentes espécies na capoeira, capoeirão e na mata com mais de 30 anos, no período entre 03 de agosto de 1993 e 06 de junho de 1994 (10 meses). Vale Vêneto, São João do Polêsine, RS. Continuação.

Grup. ecol.	Nome Científico	Nome vulgar	Capoeira		Capoeirão		Mata	
			kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
3	<i>Nectandra megapotamica</i>	Canela-preta	-	-	182,5	3,8	1025,4	18,8
3	<i>Cabralea canjerana</i>	Canjerana	72,5	2,0	45,4	1,0	550,9	10,1
3	<i>Pachystroma longifolium</i>	Mata-olho	-	-	-	-	271,2	5,0
3	<i>Ficus organensis</i>	Figueira-do-mato	-	-	-	-	174,4	3,2
3	<i>Cupania vernalis</i>	Camboatá-vermelho	191,6	5,4	548,0	11,4	63,2	1,2
3	<i>Eugenia rostrifolia</i>	Batinga-vermelha	-	-	10,4	0,2	42,1	0,8
3	<i>Myrcianthes pungens</i>	Guabiju	-	-	-	-	18,2	0,3
3	<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro	121,1	3,4	152,6	3,2	-	-
3	<i>Chrysophyllum marginatum</i>	Aguaí	-	-	106,5	2,2	-	-
3	<i>Nectandra rigida</i>	Canela-amarela	-	-	5,2	0,1	-	-
4	<i>Allophylus edulis</i>	Chal-chal	-	-	23,6	0,5	37,6	0,7
4	<i>Sorocea bonplandii</i>	Cincho	-	-	-	-	37,6	0,7
4	<i>Actinostemon concolor</i>	Laranjeira-do-mato	-	-	-	-	9,2	0,2
4	<i>Trichilia elegans</i>	Pau-de-ervilha	-	-	-	-	8,1	0,1
5	<i>Serjania</i> sp.	Cipó-timbó	217,6	6,1	121,5	2,5	14,8	0,3
5	<i>Mycania</i> sp.	Cipó-mil-homens	6,4	0,2	32,7	0,7	24,3	0,4
5	<i>Smilax</i> sp.	Cipó-japacanga	2,8	0,1	-	-	-	-
5	<i>Doxanthe unguis-cati</i>	Cipó-unha-de-gato	-	-	15,1	0,3	117,9	2,2
5	<i>Bauhinia microstachya</i>	Cipó-escada-de-macaco	-	-	-	-	151,7	2,8
		Folheto não classificado	621,6	17,5	991,0	20,6	1042,3	19,1
		FOLHETO TOTAL	3561,6	100	4805,3	100	5462,0	100

Grupos ecológicos: 1-Pioneira, 2-Secundária inicial; 3-Secundária tardia, 4-Espécie de sub-bosque; 5-Cipó.

As espécies com participação na produção de serapilheira foram classificadas em grupos ecológicos para facilitar a interpretação dos dados encontrados (Tabela 6). As espécies foram classificadas em pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias, árvores especialistas em sub-bosque e lianas. A classificação das espécies arbóreas foi baseada em Tabarelli (1992).

A Figura 9 mostra a participação relativa dos diferentes grupos ecológicos na produção de folheto nas florestas estudadas. Em função da idade da floresta houve alteração na participação relativa dos diferentes grupos na produção de folheto. Na capoeira com 13 anos, a produção de folheto foi dominada por espécies pioneiras e secundárias iniciais que juntas produziram quase 80% do folheto e as secundárias tardias foram responsáveis por apenas 13% da produção. No capoeirão, mais da metade do folheto foi produzido por espécies secundárias iniciais; a participação relativa das espécies secundárias tardias foi o dobro da encontrada na capoeira. Na mata secundária, o grupo das secundárias tardias dominou a produção de folheto, mas também neste povoamento, a participação das secundárias iniciais foi importante.

A participação de espécies típicas de sub-bosque na produção de folheto foi inferior a 5%. A pequena produção de folheto pelas espécies de sub-bosque, apesar da importância deste grupo na estrutura da comunidade, sugere que o tempo médio de vida das folhas dessas espécies é relativamente longo e deve exceder o período de um ano. As espécies típicas de sub-bosque, devido à pequena biomassa de folheto derrubado, tiveram uma importância pequena na ciclagem biogeoquímica de nutrientes.

A participação de cipós na produção de folheto foi relativamente pequena, oscilando entre 4,4% no capoeirão e 7% na capoeira. A espécie de cipó mais importante na produção de folheto na capoeira e no capoeirão foi *Serjania* sp., uma espécie comum em bordas de fragmentos florestais na região. Na mata secundária, a espécie de cipó que derrubou mais folheto foi *Bauhinia microstachya* (Cipó-pata de-vaca), uma espécie característica do interior de matas fechadas.

Figura 9- Participação relativa dos diferentes grupos ecológicos na produção de folheto na Capoeira, Capoeirão e Mata secundária. Vale Vêneto, São João do Polêsine, RS.

Figura 10- Produção mensal de folheto por diferentes espécies na Capoeira, Capoeirão e Mata secundária. Vale Vêneto, São João do Polêsine, RS.

A Figura 10 mostra as produções de serapilheira pelas principais espécies dos três povoamentos estudados. Na capoeira as diferentes espécies apresentaram picos de produção de folheto em meses distintos. O cipó *Serjania* sp teve seu pico de produção em agosto, *Campomanesia xanthocarpa* derrubou mais folheto em setembro, *Ocotea puberula*, *Cupania vernalis*, *Escallonia megapotamica*, *cabralea canjerana* e *Dodonaea viscosa* em outubro, *Casearia sylvestris* em novembro, *Boehmeria caudata* em dezembro, *Mimosa bimucronata* em janeiro e *Solanum erianthum* em fevereiro. No capoeirão, os picos de produção de folheto pelas diferentes espécies foi mais concentrado, com *Parapiptadenia rigida* derrubando mais folheto em agosto, *Inga* sp em setembro, *Cupania vernalis*, *Nectandra megapotamica*, *Crisophylum marginatum*, *Quillaja brasiliensis* e *Alchornea triplinervia* em outubro, e *Ocotea puberula* em novembro. Na mata secundária, em oposição à capoeira, as espécies mais importantes na produção anual de folheto, concentraram essa deposição em um intervalo mais curto de tempo, principalmente no mês de outubro.

Os resultados demonstraram que a produção de folheto foi mais uniforme na capoeira do que na mata secundária e no capoeirão. Isto foi devido, à maior participação de espécies pioneiras na capoeira, que produziram folheto em quantidades mais constante ao longo do tempo do que as espécies secundárias.

4.2 Nutrientes na Serapilheira

4.2.1. Concentração de nutrientes na serapilheira

A Tabela 7 mostra as concentrações médias de N, P, K, Ca e Mg nas diferentes frações da serapilheira derrubada nas florestas com 13 anos (capoeira) , 19 anos (capoeirão) e mais de 30 anos de idade (mata secundária).

As diferentes frações da serapilheira apresentaram composições químicas distintas. A fração mais rica em N, P e K foi a formada por detritos diversos. O folheto apresentou concentrações de N, P e K intermediárias e de Ca superiores às encontradas nas frações detritos diversos e galhos finos. Os galhos finos constituíram a fração da serapilheira mais pobre em nutrientes.

Tabela 7- Concentrações médias de nutrientes em 12 meses consecutivos de análise das diferentes frações da serapilheira derrubada na capoeira, capoeirão e mata secundária. Vale Vêneto, São João do Polêsine, RS.

Material	N	P	K	Ca	Mg
(g / kg de matéria seca)					
Folheto					
Capoeira	18.1 b	2.0 a	5.1 a	26.3 a	2.0 a
Capoeirão	20.7 a	1.8 b	5.3 a	24.4 a	2.2 a
Mata	16.4 b	1.1 c	4.7 a	25.1 a	2.2 a
Galhos finos					
Capoeira	10.8 a	1.4 a	4.2 a	19.8 a	1.4 b
Capoeirão	11.9 a	1.6 a	4.7 a	19.9 a	1.7 ab
Mata	12.0 a	0.9 b	4.3 a	24.1 a	1.9 a
Detri. diver.					
Capoeira	25.6 a	2.8 a	5.9 a	19.3 a	2.2 a
Capoeirão	26,5 a	2,5 b	6,0 a	17,0 a	2,3 a
Mata	20.5 b	1.7 c	5.1 a	17.5 a	2.1 a

Para uma mesma fração, as médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O folheto produzido na capoeira apresentou concentrações de P significativamente maiores do que o folheto do capoeirão e este, por sua vez, foi significativamente mais rico em P do que o folheto derrubado na mata. A serapilheira derrubada no capoeirão foi a mais rica em N e a serapilheira da mata secundária a mais pobre. Atribuiu-se a maior concentração de N no folheto do capoeirão à participação dos folhedos de *Parapiptadenia rigida* e *Inga* sp., espécies da família Mimosaceae que se associam à bactérias fixadoras de N atmosférico, apresentando elevados níveis de

nitrogênio nas flohas. A serapilheira derrubada nos três povoamentos não apresentou diferenças significativas quanto às concentrações de K, Ca e Mg em suas frações.

Os resultados encontrados neste estudo, ou seja, concentrações de P e N mais elevadas na serapilheira dos povoamentos mais jovens e semelhança nas concentrações de K, Ca e Mg, concordam parcialmente com os resultados encontrados por Silva (1990) em uma floresta no sudeste da Bahia. Esse autor relatou que a serapilheira de uma capoeira com 12 anos apresentava concentrações de P maiores do que a serapilheira de uma floresta madura, mas não apresentava diferença nas concentrações dos outros elementos analisados (N, K, Ca, Mg, Zn, Cu e Mn). Dantas & Phillipson (1989), na Amazônia, encontram concentrações significativamente maiores de N, P, K, Ca e Mg na serapilheira de uma capoeira com 3 anos do que na serapilheira de uma floresta madura adjacente. Já Ewel (1976), em um trabalho realizado na América Central, analisando a serapilheira de povoamentos secundários com diferentes idades e uma floresta madura, não encontrou diferenças expressivas nas concentrações de N, P e K, mas as concentrações de Ca e Mg variaram conforme o sítio, indiferente à idade do povoamento.

As concentrações de P na serapilheira dos povoamentos diminuíram com a idade da vegetação; as concentrações de N na serapilheira foram maiores no capoeirão do que na capoeira e na mata. As concentrações de K, Ca e Mg na serapilheira não variaram com a idade dos povoamentos. Como consequência, a eficiência de utilização de fósforo aumenta com a idade da vegetação, mas o mesmo não ocorre com os elementos N, K, Ca e Mg. Segundo Brown & Lugo (1990) povoamentos mais jovens tendem a produzir serapilheira mais rica em nutrientes do que povoamentos maduros, principalmente em fósforo. Segundo estes autores, isso deve-se à predominância da absorção de nutrientes pelas árvores jovens, em oposição à predominância da reutilização de nutrientes pelas árvores mais antigas. Entretanto, as concentrações de nutrientes na serapilheira podem ser influenciadas por outros fatores, como a disponibilidade de nutrientes no solo e a composição florística da vegetação.

A Figura 10 mostra as concentrações médias mensais de N, P, K, Ca e Mg do folheto derrubado nos povoamentos. As concentrações mensais de nutrientes nas diferentes frações da serapilheira variaram, conforme o elemento, em maior ou menor intensidade ao longo do tempo. Potássio e cálcio foram os nutrientes que apresentaram maiores variações temporais em suas concentrações na serapilheira, indiferentes ao tipo de fração ou idade da floresta. Já as variações mensais dos conteúdos de N, P e Mg foram relativamente pequenas.

As concentrações de N, K e Ca no folheto das florestas variaram de maneira similar no tempo, indiferentes à idade da floresta. As concentrações de Ca no folheto foram maiores na época mais fria do ano e menores na época mais quente (novembro a março). Este fato pode estar associado ao estresse ocasionado pelas baixas temperaturas do ar no inverno. Em períodos de estresse, as folhas das árvores tendem a perder massa, dessa forma as concentrações de cálcio tendem a aumentar devido à baixa mobilidade desse elemento nos tecidos vegetais.

As concentrações de potássio no folheto apresentaram picos isolados de maior concentração nos meses de agosto e dezembro de 1993 e maio de 1994. Os meses com maior concentração de potássio na serapilheira foram aqueles onde a precipitação pluviométrica foi baixa e as menores concentrações foram encontradas nos períodos de maior precipitação. Este comportamento deve-se à alta mobilidade deste elemento, que é facilmente lixiviado dos tecidos vegetais pela água das precipitações pluviométricas (Cole & Rapp, 1980).

Figura 11- Concentrações médias mensais de N, P, K, Ca e Mg no folheda derrubado na Capoeira, Capoeirão e Mata secundária. Vale Vêneto, São João do Polêsine, RS.

Maio de 1994, foi o mês em que a serapilheira derrubada pelas florestas apresentou-se mais rica em nutrientes. Este pico na concentração de nutrientes foi causado pela acentuada queda de folheto ainda verde, derrubado prematuramente durante um forte temporal, no final desse mês. Este tipo de folheto provavelmente contribuiu para a elevação das concentrações médias de N, P e K, observadas nesse período.

4.2.2. Transferência de nutrientes pela queda da serapilheira

A Tabela 8 mostra a transferência anual de nutrientes pela queda de serapilheira nos povoamentos. Entre as frações da serapilheira, o folheto foi a mais importante para a transferência de nutrientes ao solo. Na capoeira a participação relativa do folheto na transferência de nutrientes foi sensivelmente maior do que na mata e no capoeirão. Os galhos finos devido à sua massa total, constituíram a segunda fração em importância na transferência de nutrientes. A maior contribuição dos galhos finos foi para a ciclagem de Ca, representando entre 19% (na capoeira) e 30% (no capoeirão) da quantidade total deste elemento devolvida ao solo pela queda da serapilheira. A importância dos detritos diversos (flores, frutos, sementes, cascas, etc.) no retorno de nutrientes ao solo foi pequena, principalmente na capoeira e no capoeirão, onde não chegou a 7% do total.

As quantidades absolutas de N, K, Ca e Mg transferidas ao solo, aumentaram com a idade da vegetação, mas diferenças estatísticas ($P < 0,05$), foram encontradas apenas entre a capoeira e a mata, que apresentou uma transferência N, K, Ca e Mg significativamente maior do que a capoeira. Não houve diferença significativa entre os povoamentos na quantidade anual de P retornado ao solo com a serapilheira.

A ordem de magnitude na transferência de nutrientes pela serapilheira nos povoamentos foi semelhante: $Ca > N > K > Mg > P$, exceto na capoeira, onde a transferência anual de P foi maior do que a de magnésio.

Tabela 8- Transferência de N, P, K, Ca e Mg pelas diferentes frações da serapilheira na Capoeira, Capoeirão e Mata secundária. Vale Vêneto, São João do Polêsine, RS.

Vegetação	N		P		K		Ca		Mg	
	kg/ha/ano	%	kg/ha/ano	%	kg/ha/ano	%	kg/ha/ano	%	kg/ha/ano	%
Capoeira										
Folhedo	77,75	79,0	8,78	78,1	22,11	77,5	114,67	77,7	8,41	77,7
Galhos finos	14,18	14,5	1,74	15,5	4,86	17,0	28,26	19,2	1,84	17,0
Detri. diver.	6,43	6,5	0,72	6,4	1,56	5,5	4,56	3,1	0,57	5,3
Total	98,36	100	11,24	100	28,53	100	147,49	100	10,82	100
Capoeirão										
Folhedo	116,62	72,9	10,14	66,0	31,02	66,5	139,15	67,3	12,76	70,0
Galhos finos	32,69	20,4	4,20	27,3	12,74	27,3	61,54	29,8	4,60	25,2
Detri. diver.	10,67	6,7	1,03	6,7	2,90	6,2	5,96	2,9	0,88	4,8
Total	159,98	100	15,37	100	46,66	100	206,65	100	18,24	100
Mata										
Folhedo	110,14	67,3	7,33	63,9	33,24	65,0	182,98	67,5	14,89	68,4
Galhos finos	30,99	18,9	2,19	19,1	11,75	22,9	70,15	25,9	4,67	21,4
Detri. diver.	22,59	13,8	1,95	17,0	6,17	12,1	17,90	6,6	2,21	10,2
Total	163,72	100	11,47	100	51,16	100	271,03	100	21,77	100

A Figura 12 mostra as transferências mensais de Ca, N, P, K e Mg pelas três frações da serapilheira nas florestas estudadas. A transferência de nutrientes ao solo acompanhou a curva de deposição de serapilheira.

A razão entre os meses de maior e menor queda de serapilheira e/ou transferência de nutrientes fornece uma medida da variação anual ou sazonalidade verificada nesses processos (Morellato, 1992).

A sazonalidade na queda de serapilheira e transferência de nutrientes aumenta com a idade da vegetação. Tanto o capoeirão como a capoeira apresentaram um ritmo anual de queda de serapilheira e transferência de nutrientes que tendeu a se assemelhar com as curvas de deposição de serapilheira e transferência de nutrientes da mata com mais de 30 anos (Figuras 7 e 12).

Figura 12- Transferência anual de N, P, K Ca e Mg na Capoeira, Capoeirão e Mata secundária em Vale Vêneto. São João do Polêsine, RS.

Na floresta mais antiga o retorno de nutrientes pela serapilheira apresenta uma expressiva variação sazonal. Durante o período de estudo, a maior parte dos nutrientes retornou ao solo na primavera de 1993 e no outono de 1994, coincidindo com

as épocas de maior queda de serapilheira. Durante o verão a transferência de nutrientes foi bem menor do que nas outras épocas do ano.

No capoeirão, de modo semelhante à mata, foram observados dois picos bem distintos na transferência de nutrientes, um em outubro de 1993 e outro em maio de 1994, neste último a transferência de nutrientes foi maior, principalmente a de cálcio. Na capoeira a deposição de nutrientes pela serapilheira ao longo do ano foi mais regular do que nas outras idades. Nesta floresta, também verificaram-se picos na transferência de nutrientes em outubro de 1993 e maio de 1994. Entretanto a importância relativa deste último mês, em relação às outras idades, foi maior. De modo semelhante às idades mais avançadas, o período do verão foi o de menor transferência de nutrientes.

A Tabela 9 mostra a transferência de nutrientes pela serapilheira em florestas naturais e plantações experimentais com espécies arbóreas nativas, no Brasil. Comparando-se as transferências de nutrientes encontradas no presente estudo com uma outra mata secundária da região (Cunha et al., 1993); observa-se que as quantidades de fósforo, cálcio e magnésio transferidas anualmente através da queda de serapilheira na mata com mais de 30 anos e nessa mata secundária são comparáveis. Esta semelhança era esperada, devido à relativa proximidade das áreas e a similaridade das condições ambientais, incluindo o relevo e o tipo de solo predominantes nessas duas matas.

Em relação às outras formações florestais citadas na Tabela 9, a transferência de nutrientes nas florestas estudadas foram comparáveis às quantidades relatadas para várias florestas mesófilas semidecíduas do Estado de São Paulo, desenvolvidas geralmente sobre solos férteis. As quantidades transferidas são, contudo, superiores às quantidades transferidas na floresta pluvial atlântica, desenvolvidas nos solos oligotróficos da Serra do Mar (Tabela 9).

Tabela 9- Transferência de nutrientes pela serapilheira em florestas naturais e plantações florestais com espécies nativas, no Brasil.

Tipo de Vegetação	N	P	K	Ca	Mg	Referência
	kg/ha/ano					
Flor. Mesófila Semidec. (mata secundária)	186,3	9,4	38,2	104,2	18,2	8
Flor. Mesófila Semidec. (mata ciliar)	202,2	11,4	71,9	239,6	31,7	1
Flor. Mesófila Semidec.	233,8	8,11	82,1	233,4	29,8	5
Flor. Mesófila Semidec.	203,4	6,4	43,5	109,2	24,0	2
Flor. Mesófila Semidec.	183,8	5,4	50,8	148,1	23,2	10
Flor. Mesófila Semidec.	167,2	8,9	45,3	236,2	25,0	9 *
Flor. Pluv. Atlânt.	105,24	3,41	14,76	32,83	14,72	4.
Flor. Pluv. Atlânt. (secundária inicial)	128,47	2,97	13,74	56,46	13,25	7
Flor. Pluv. Atlânt. (mata secundária)	97,99	1,89	10,88	30,37	9,27	7
Povoam. de Ipê-roxo (com 7 anos)	11,36	0,65	10,50	19,52	2,98	6*
Povoam. de Angico-branco (com 7 anos)	84,99	2,79	14,62	31,75	6,89	6*
Flor. Estacional Decidua (mata secundária)	206,68	11,20	37,75	269,15	29,84	3
Flor. Estacional Decidua (Capoeira -13 anos)	98,36	11,24	28,53	147,49	10,82	Presente estudo
Flor. Estacional Decidua (Capoeirão- 19 anos))	159,98	15,37	46,66	206,65	18,24	Presente estudo
Flor. Estacional Decidua (Mata secund. +30anos)	163,72	11,47	51,16	271,03	21,77	Presente estudo

1- Carpanezzi (1980); 2- César, (1993b); 3- Cunha et al. (1993); 4- Custódio Fº . (1994); 5-Diniz (1987); 6- Garrido & Poggiani (1981); 7- Leitão Fº et al. (1993); 8-Meguro et al. (1979); 9-Poggiani & Monteiro Jr. (1992); 10- Schlittler (1990). *Apenas a fração folheda foi avaliada.

A Tabela 10 compara a eficiência de utilização de N, P e Ca na capoeira, capoeirão e mata secundária com outras florestas tropicais e subtropicais. A eficiência de utilização de N na capoeira e na mata foi maior do que o observado em florestas mesófilas semidecíduas de São Paulo (Carpanezzi, 1980; Cesar, 1993; Meguro et al., 1979) e semelhante às encontradas em Florestas de Terra-firme na Amazônia (Klinge & Rodrigues, 1968b; Cuevas e Medina, 1986). A eficiência de utilização de N calculada

para uma floresta de Araucária no Paraná (Britez et al., 1992) é maior do que a dos povoamentos avaliados no presente estudo. A eficiência de utilização de Ca nos povoamentos avaliados foi menor do que o observado em uma mata secundária próxima ao local de estudo (Cunha et al. 1993), mas é comparável à eficiência de utilização deste elemento em florestas mesófilas semidecíduas do interior paulista. Florestas tropicais pluviais na Amazônia e na encosta Atlântica apresentam uma eficiência de utilização de Ca e P bem maiores do que as observadas no presente estudo.

Tabela 10- Eficiência de utilização de N, Ca e P no folheto derrubado em diferentes florestas tropicais e subtropicais.

Tipo de vegetação	Local	Biomassa / N	Biomassa / Ca	Biomassa / P	Referência
		g de mat. seca / g de nutriente			
Flor. Trop. pluvial	Peru	63	582	3605	4
Flor. Trop. pluvial	AM	65	452	3294	7
Flor. Pluv. Atlânt.	SP	58	191	1952	6
Flor. Pluv. Atlânt.	SP	36	81	1545	8
(secundária inicial)					
Flor. Pluv Atlânt.	SP	37	120	1925	8
(mata secundária)					
Flor. de Araucária	PR	73	104	1125	1
Flor. Mesófila	SP	45	86	854	9
Semidecídua					
Flor. Mesófila	SP	28	52	888	3
Semidecídua					
Flor. Mesófila	SP	49	43	936	2
Semidecídua					
Flor. Mesófila	SP	51	36	956	11
Semidecídua					
Flor. Mesófila	SP	27	36	788	10
Semidecídua					
Flor. Est. Decidual	RS	34	26	671	5
Flor. Est. Decidual	RS	60	40	523	Presente estudo
(Capoeira)					
Flor. Est. Decidual	RS	55	43	574	Presente estudo
(Capoeirão)					
Flor. Est. Decidual	RS	64	51	910	Presente estudo
(Mata secund.)					

1- Britez et al. (1993); 2- Carpanezzi (1980); 3- Cesar (1993); 4- Cuevas & Medina (1986); 5- Cunha et al. (1993); 6- Custódio F° (1994); 7- Klinge & Rodrigues (1968b); 8- Leitão F° et al. (1993); 9- Meguro et al. (1979); 10- Pagano (1989b); 11- Poggiani & Monteiro Jr. (1990).

A quantidade de N, P e Ca retornada ao solo pela queda do folheto dividido pela biomassa de folheto produzido, fornece uma indicação da eficiência com que as árvores produtoras do folheto utilizam esses nutrientes (Vitousek, 1982). A eficiência de utilização de P e Ca em florestas tropicais é uma função da disponibilidade desses nutrientes no solo (Jordan & Herrera, 1981; Silver, 1994). Na mata secundária, a baixa eficiência de utilização de P e Ca em relação à outras florestas reflete a disponibilidade desses nutrientes no solo. Os solos dos povoamentos avaliados apresentam teores entre médio e alto de P disponível e teores de Ca e Mg trocáveis elevados (Tabela 01) isso garante à vegetação níveis desses elementos no solo suficientes para a manutenção de altas taxas de ciclagem de nutrientes, caracterizando uma baixa eficiência de utilização, principalmente para o fósforo e o cálcio.

4.2.3 Concentrações de nutrientes no folheto de diferentes espécies

Na capoeira, capoeirão e mata secundária foram analisados as concentrações de N, P, K, Ca e Mg no folheto de algumas espécies separadamente. Entre as espécies que tiveram seus folhetos analisados, foram incluídas espécies arbustivas, arbóreas pioneiras, secundárias iniciais e secundárias tardias e três espécies de cipós. O folheto de cinco espécies foi analisado em dois povoamentos e o folheto de uma espécie (*Cabralea canjerana*) foi analisado nos três povoamentos.

A Tabela 11 resume as concentrações de N, P, K, Ca e Mg encontradas no folheto das diferentes espécies analisadas quimicamente. Na capoeira a maior concentração de N foi observada no folheto da leguminosa pioneira *Mimosa bimucronata*. Esta espécie mantém simbiose com bactérias fixadoras de N (Carvalho, 1994). Teores relativamente altos de N também foram verificados no folheto das pioneiras *Solanum erianthum* e *Boehmeria caudata*. Os folhetos mais pobres em N foram produzidos, respectivamente, pelas espécies secundárias *Campomanesia*

xanthocarpa e *Cupania vernalis* e pelas pioneiras *Bacharis dracunculifolia* e *Escallonia montevidensis*.

As concentrações de N nas espécies da capoeira foram em média menores do que as concentrações de N no folheto das espécies do capoeirão (Tabela 11). Galvão et al. (1991) em um estudo de decomposição foliar, relataram o conteúdo de N nas espécies *Parapiptadenia rigida* (3,7%) , *Cabralea canjerana* (2,54%), *Cedrela fissilis* (2,32%) e *Cordia trichotoma* (2,01%), *Cupania vernalis* (2,37%), *Solanum erianthum* (3,77%) e *Bacharis dracunculifolia* (3,14%). O ensaio de Galvão et al.(1991), realizado na mesma região e num sítio similar ao do presente estudo; revelou teores de N nas folhas superior aos encontrados para o folheto destas espécies no presente estudo. Os valores mais altos de N relatados por Galvão et al. (1991) podem ser atribuídos às diferenças no método de coleta do folheto para análise química. No estudo desses autores “folhas em fase de abscisão”, foram coletadas das árvores, e possivelmente a retranslocação do N não havia sido completada. Enquanto no presente estudo, analisaram-se as folhas derrubadas naturalmente; ademais o tempo decorrido entre uma coleta e outra pode ter contribuído para a redução das concentrações de N no folheto das espécies aqui avaliadas.

Quanto ao conteúdo de N e P no folheto, as espécies pioneiras podem ser divididas em dois grupos, um mais rico, formado por *Solanum erianthum* e *Bohemeria caudata* e outro mais pobre, formado pelas espécies *Bacharis dracunculifolia*, *Dodonaea viscosa* e *Escallonia montevidensis*. A diferença entre as espécies nos conteúdos de N e P é refletida no tipo de folha dessas espécies. Enquanto *S. erianthum* e *B. caudata* têm folhas grandes e macias, ao contrário das espécies *Bacharis dracunculifolia*, *Dodonaea viscosa* e *Escallonia montevidensis* que apresentam folhas menores e mais duras, com características xeromórficas. Medina et al. (1990) encontraram relação entre os conteúdos de N e P foliar em espécies arbóreas e características morfológicas das folhas. Folhas escleromórficas foram associadas a baixas concentrações de N e P. Segundo eles,

espécies com esse tipo de folha foram selecionadas em ambientes deficientes em N e, principalmente, P e são importantes em muitas áreas tropicais, úmidas ou semi-áridas.

As variações no conteúdo de N e K foi menor entre as espécies da capoeira do que entre as espécies do capoeirão ou da mata. Na capoeira, os folhedos das espécies secundárias *Cordia trichotoma*, *Cabralea canjerana* e *Ocotea puberula* apresentaram concentrações de fósforo relativamente elevadas. A maior concentração de K foi encontrada no folheto do arbusto *Bacharis* sp. (vassoura). Exceto nesta espécie, as concentrações de K variaram pouco entre os folhedos analisados na capoeira. O elemento Ca apresentou variações bem mais expressivas do que o potássio, entre os diferentes folhedos analisados.

As menores concentrações de Ca foram encontradas no folheto produzido por *Ocotea puberula*. A maior concentração de Ca foi verificada no folheto de *Bohemeria caudata*. Concentrações relativamente altas de Ca também foram encontradas nos folhedos de *Cabralea canjerana*, *Campomanesia xanthocarpa* e *Cordia trichotoma*. O elemento Mg foi encontrado em maiores concentrações nos folhedos de *Cabralea canjerana* e *Cordia trichotoma*. Já o folheto produzido por *Solanum erianthum* e *Ocotea puberula* foram os que apresentaram as menores concentrações de Mg.

Montagnini et al. (1995) ao estudarem os conteúdos de N, P, K, Ca e Mg em 4 espécies arbóreas, encontraram um elevado conteúdo de P-foliar em *Ocotea puberula*, ao mesmo tempo que nessa espécie encontraram as mais baixas concentrações de Ca, em todos os tecidos analisados (folhas, ramos e raízes).

As concentrações de N no folheto das espécies do capoeirão foram em média maiores do que as concentrações no folheto das espécies da capoeira; inclusive naquelas espécies que foram analisadas nos dois ambientes exceto em *C. canjerana*, onde os teores de N foram maiores no folheto produzido na capoeira (Tabela 11).

Tabela 11- Concentrações de N, P, K, Ca e Mg no folheto derrubado por espécies vegetais da Capoeira, Capoeirão e Mata .Vale Vêneto, São João do Polêsine, RS.

Vegetação / espécie	N	P	K	Ca	Mg
	(g / kg de matéria seca)				
Capoeira					
<i>Bacharis dracunculifolia</i>	13,0	1,8	9,6	14,9	1,8
<i>Bohemeria caudata</i>	18,2	3,2	5,3	33,9	2,1
<i>Cabrlea canjerana</i>	17,0	2,5	4,9	29,0	6,1
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	10,6	1,5	4,5	25,6	2,9
<i>Cordia trichotoma</i>	15,0	4,8	5,3	25,5	5,9
<i>Cupania vernalis</i>	11,7	2,1	5,2	12,4	3,2
<i>Dodonaea viscosa</i>	14,1	1,5	5,9	14,8	1,6
<i>Escallonia megapotamica</i>	12,3	1,7	6,3	12,0	1,7
<i>Mimosa bimucronata</i>	18,5	1,7	5,3	22,3	1,9
<i>Ocotea puberula</i>	16,9	2,8	4,6	11,9	1,2
<i>Serjania</i> sp.	16,4	2,6	6,1	22,3	2,7
<i>Solanum erianthum</i>	18,2	4,0	5,9	18,9	1,0
MÉDIA	15,2	2,5	5,7	20,3	2,7
Coeficiente de variação (%)	18,3	41,6	23,4	36,0	63,0
Capoeirão					
<i>Alchornea triplinervia</i>	16,1	1,3	6,1	15,5	1,5
<i>Cabrlea canjerana</i>	16,3	1,5	5,1	25,1	3,9
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	17,0	1,6	7,5	23,3	3,4
<i>Cedrela fissilis</i>	17,8	1,1	2,8	36,1	1,2
<i>Crysophyllum marginatum</i>	13,7	0,9	6,1	22,1	3,0
<i>Cupania vernalis</i>	15,3	1,9	7,4	16,9	3,9
<i>Inga</i> sp.	22,3	1,5	3,9	16,1	1,3
<i>Machaerium stiptatum</i>	30,8	2,0	6,5	22,1	2,3
<i>Ocotea puberula</i>	18,7	2,2	4,8	12,4	1,4
<i>Parapiptadenia rigida</i>	23,3	1,9	4,8	19,1	2,0
<i>Phytollaca dioica</i>	13,9	1,1	18,0	39,5	3,3
<i>Quillaja brasiliensis</i>	14,9	1,2	7,9	12,4	1,4
<i>Serjania</i> sp.	16,9	2,1	6,3	21,9	3,8
MÉDIA	18,2	1,6	6,7	21,7	2,5
Coeficiente de variação (%)	26,1	27,4	55,1	37,8	43,6
Mata					
<i>Alchornea triplinervia</i>	13,4	0,7	4,1	26,0	1,7
<i>Alophylus edulis</i>	14,8	1,0	5,5	24,0	3,7
<i>Bauhinia mycrostachia</i>	15,3	0,9	4,1	34,7	1,8
<i>Cabrlea canjerana</i>	17,2	1,0	4,9	25,9	3,1
<i>Dalbergia variabilis</i>	19,2	1,0	5,4	24,0	4,1
<i>Doxantha unguis-cati</i>	15,4	1,0	5,3	15,9	2,7
<i>Ficus organensis</i>	10,2	0,9	6,9	19,7	2,6
<i>Nectandra megapotamica</i>	14,0	1,0	5,7	13,9	1,9
<i>Pachystroma longifolium</i>	12,0	0,9	8,5	24,8	3,1
<i>Patagonula americana</i>	12,6	0,8	7,7	25,1	2,7
<i>Prunus subcoriacea</i>	11,9	0,9	7,2	24,3	3,4
<i>Rapanea umbellata</i>	9,4	0,7	7,0	20,3	2,3
MÉDIA	13,8	0,9	6,0	23,2	2,8
Coeficiente de variação (%)	20,4	12,5	23,5	23,1	27,5

No capoeirão as espécies com maiores concentrações de N no folheto foram das leguminosas *Machaerium stiptatum*, *Inga* sp. e *Parapiptadenia rigida*. As menores concentrações de N foram encontradas, respectivamente, nos folhedos de *Crysophyllum* sp. e *Phytolacca dioica*. No capoeirão a espécie com maior concentração de P, *Ocotea puberula*, foi a que mais derrubou folheto. As concentrações de P no folheto das espécies no capoeirão foram relativamente menores do que na capoeira. O folheto de *O. puberula* derrubado na capoeira apresentou concentrações de P maiores do que o folheto derrubado por essa espécie no capoeirão. Esse fato pode ter relação com o estágio de desenvolvimento das árvores, pois na capoeira a maioria dos indivíduos de *O. puberula* eram jovens, ao passo que no capoeirão as árvores de *O. puberula* já eram adultas.

As concentrações de K no folheto das espécies do capoeirão foram em média maiores do que os da capoeira. A máxima concentração encontrada foi no folheto da espécie *Phytolacca dioica*. A concentração média de K no folheto de *Phytolacca dioica* foi quase o dobro do maior valor encontrado nos folhedos das espécies da capoeira (9,6 g/kg no folheto de *Baccharis* sp.).

As concentrações de Ca no folheto das espécies do capoeirão variaram entre 12,4 g/kg e 39,5 g/kg (Tabela 11). As espécies com maior concentração de Ca em seus folhedos foram *Phytolacca dioica* e *Cedrela fissilis*. Os folhedos de *Campomanesia xanthocarpa* e *Cabralea canjerana* também apresentaram teores elevados de Ca. As espécies com menores concentrações de Ca foram *Quillaja brasiliensis* e *Ocotea puberula*. O folheto da espécie *Inga* sp. foi o que apresentou as menores concentrações de K e Mg. Valores baixos de Mg, também foram encontrados em *Ocotea puberula*, *Quillaja brasiliensis* e *Alchornea triplinervia*. As maiores concentrações de Mg foram encontrados nos folhedos derrubados pelas espécies *Cabralea canjerana*, *Serjania* sp. e *Cupania vernalis*.

Na mata secundária, as variações encontradas nas concentrações de P, Ca e Mg entre as espécies foram menores do que as variações observadas entre as espécies

do capoeirão e da capoeira. As espécies *Patagonula americana*, *Pachystroma longifolium* e *Prunus subcoriaceae* produziram folheto com concentrações semelhantes de N, P, K, Ca e Mg. A espécie que produziu folheto mais rico em Ca foi a liana *Bauhinia microstachya*. Já a laurácea *Nectandra megapotamica* foi a espécie que produziu folheto mais pobre nesse elemento. Dentre as espécies que tiveram seus folhetos analisados na mata, a leguminosa *Dalbergia variabilis* foi a que apresentou maior concentração de nitrogênio. O conteúdo de P no folheto das espécies da mata variou pouco, com a maioria delas apresentando entre 0,8 e 1,0 g de P por kg de folheto (Tabela 11).

4.3 Manta

4.3.1 Acúmulo de manta e decomposição da serapilheira

Os estoques de manta sobre o solo dos povamentos foram monitorados por um período de dois anos, com as avaliações sendo realizadas bimensalmente, entre setembro de 1993 e julho de 1995.

As estimativas dos estoques de manta nos povamentos com 13 e 19 anos de idade foram razoavelmente precisas, com um erro padrão da média inferior a 10% na maior parte das oportunidades de coleta. As estimativas para os estoques na mata com 30 anos foram menos precisas, devido ao relevo da área, mais íngreme e com maior pedregosidade na superfície do solo.

Apesar da variabilidade espacial na distribuição da manta florestal sobre o solo, a amostragem em várias oportunidades, durante o tempo de estudo, permitiu uma estimativa razoavelmente adequada do estoque médio anual de manta sobre o solo dos povamentos.

Tabela 12- Produção anual de serapilheira, manta acumulada, coeficiente de decomposição e tempo necessário para o desaparecimento de 50% ($t_{0,5}$) e 95% ($t_{0,95}$) da serapilheira na Capoeira, Capoeirão e Mata. Vale Vêneto, São João do Polêsine, RS.

Vegetação	Ano	Serapilheira	Manta	k	$t_{0,5}$	$t_{0,95}$
		ton / ha			anos	
Capoeira	I	5,88	5,00	1,18	0,59	2,55
	II	5,63	3,53	1,59	0,44	1,89
	Média	5,75	4,20	1,37	0,51	2,19
Capoeirão	I	8,83	6,01	1,47	0,47	2,04
	II	7,01	5,21	1,36	0,51	2,21
	Média	7,96	5,62	1,42	0,49	2,12
Mata	I	10,44	7,53	1,39	0,50	2,17
	II	8,48	5,25	1,61	0,43	1,86
	Média	9,46	6,00	1,57	0,44	1,90

A Tabela 12 mostra as quantidades de serapilheira produzidas, os estoques médios de manta acumulados sobre o solo, coeficientes de decomposição da serapilheira (k) e o tempo necessário para decompôr 50% ($t_{0,5}$) e 95% ($t_{0,95}$) da serapilheira. São exibidos os valores para os dois períodos anuais e a média entre os anos.

Os estoques de manta sobre o solo dos povoamentos foram significativamente maiores no primeiro período avaliado ($P < 0,05$). A produção de serapilheira pelos povoamentos também foi maior no primeiro ano. A redução nos estoques de manta nos povoamentos durante o segundo ano de observação, foi relacionado à menor produção de serapilheira nesse período. Ademais, analisando-se os dados dos povoamentos de maneira agrupada, encontrou-se boa correlação entre a quantidade de manta sobre o solo e a produção anual de serapilheira ($r = 0,91$; $P = 0,012$), comprovando a influência da menor produção de serapilheira na redução do peso médio de manta acumulada sobre o solo.

A quantidade de manta aumentou com a idade da vegetação e com o aumento da produção de serapilheira. Entretanto, agrupando-se os dados dos dois anos

não foram encontradas diferenças significativas entre as quantidades de manta recobrindo o solo no capoeirão e na mata secundária. A quantidade média de manta existente na capoeira com 13 anos diferiu significativamente das quantidades encontradas no capoeirão e na mata secundária ($P < 0,001$).

A Figura 13 mostra as quantidades médias de manta sobre o solo dos povoamentos no período entre setembro de 1993 e julho de 1995. Apesar das variações mensais, não foi verificado um padrão sazonal nítido no estoque de manta sobre o solo.

Figura 13- Quantidade média de manta sobre o solo da capoeira, capoeirão e mata secundária em Vale Vêneta. São João do Polêsine, RS.

O estoque médio de manta estimado para a mata com mais de 30 anos, foi um pouco inferior ao relatado por Cunha et al (1993) em uma Floresta Estacional Decidua no Rio Grande do Sul ($6,7 \text{ t ha}^{-1}$), mas insere-se dentro do intervalo observado em cinco florestas semidecíduas no sudeste do Brasil, onde foram encontrando valores de manta entre $5,5$ e $8,6 \text{ t ha}^{-1}$ (Morellato, 1992). Por outro lado, os estoques de manta estimados para o capoeirão e para a mata, no presente estudo, foram maiores do que os

observados por Scott et al. 1992 em uma floresta na Amazônia ($4,6 \text{ t ha}^{-1}$) e por Custódio Fº (1994) em uma floresta tropical úmida, na Mata Atlântica em São Paulo ($3,2 \text{ t ha}^{-1}$).

Houve correlação entre os povoamentos nas quantidades médias de manta existente sobre o solo nas épocas de coleta. A maior correlação foi encontrada na quantidade de manta nos povoamentos de idades extremas, com um coeficiente de correlação $r = 0,80$; os coeficientes de correlação entre as quantidades de manta no capoeirão em relação à capoeira com 13 anos e à mata com mais de 30 anos foram de 0,78 e 0,69, respectivamente. A correlação entre os estoques de manta nos povoamentos, nas diversas oportunidades de amostragem, indica que a manta apresenta uma dinâmica de formação e desaparecimento similar nos povoamentos.

A razão entre a serapilheira produzida anualmente e a quantidade média de manta existente sobre o solo foi utilizada para calcular o coeficiente k de decomposição da serapilheira. Quanto maior o coeficiente k , menor o tempo necessário para o desaparecimento da serapilheira (Olson, 1963). Esta metodologia foi originalmente desenvolvida para condições onde a manta já tenha atingido um estado de equilíbrio dinâmico, onde as entradas anuais de serapilheira ao compartimento manta são contrabalançadas pela taxa de decomposição da manta (Olson, 1963). Acredita-se que esse pressuposto não tenha sido satisfeito, principalmente para a capoeira; entretanto, mesmo assim, o coeficiente k foi calculado para esse estágio, mais com o intuito de comparar as taxas de decomposição entre diferentes idades, do que estimar as taxas absolutas de decomposição da serapilheira.

O valor do coeficiente de decomposição k apresentou variações com a idade dos povoamentos e entre os anos de observação. O coeficiente k variou entre 1,18 e 1,61. No primeiro ano, a manta na capoeira apresentou uma velocidade de decomposição mais lenta do que nos outros povoamentos, isso não se verificou no segundo ano, quando o coeficiente k estimado para a capoeira foi equivalente ao da mata secundária e superior ao do capoeirão. O tempo necessário para o desaparecimento de 50% da serapilheira variou entre 5 e 7 meses; para o desaparecimento de 95% da serapilheira, o tempo

necessário variou entre 1,9 e 2,6 anos. O menor e o maior tempo para o desaparecimento da serapilheira foram encontrados, respectivamente, na mata durante o segundo ano e na capoeira no primeiro ano de estudo (Tabela 12).

Fournier & Fournier (1977) estudaram a produção e decomposição de serapilheira em povoamentos naturais com idades de 11, 21 e 30 anos na Costa Rica; eles encontraram nas florestas mais jovens produções de serapilheira equivalentes a 65% e 87% da quantidade produzida na floresta com 30 anos de idade. As taxas de decomposição da manta, nos dois povoamentos mais antigos, foram semelhantes, entretanto na floresta mais jovem, a taxa de decomposição da manta foi relativamente menor.

A velocidade de decomposição da serapilheira na mata com mais de 30 anos foi comparável às taxas de decomposição da serapilheira em outras florestas estacionais do Brasil (Morellato 1992). Entretanto, foi menor do que o observado em florestas tropicais na Amazônia (Scott et al., 1992) e na Mata Atlântica em São Paulo (Custódio F°, 1994).

4.3.2 Concentrações e estoques de N, P, K, Ca e Mg na manta dos povoamentos

A Tabela 13 exhibe as concentrações e os estoques de N, P, K, Ca e Mg na manta dos povoamentos. Não houve diferença significativa entre as mantas dos povoamentos nas concentrações de N, K e Mg. Desta forma, os estoques de N, K e Mg nas mantas variaram conforme a massa de manta existente sobre o solo, sendo portanto maiores no capoeirão e na mata e menores na capoeira.

Tabela 13- Peso médio de manta sobre o solo dos povoamentos e concentrações e estoques de N, P, K, Ca e Mg na manta florestal. Silveira Martins, RS.

Vegetação	N	P	K	Ca	Mg	Manta (Peso seco)	N	P	K	Ca	Mg
	g/kg					t/ha	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha
Capoeira	18,18 a	1,57 a	2,25 a	36,35 b	2,15 a	5,00	90,98	64	7,83	98,7	11,26
						66					71
											181,88
											54
											10,76
											65
Capoeirão	16,98 a	1,42 a	2,00 a	39,60 ab	2,15 a	6,01	79,8	102,05	72	8,55	107,8
											12,02
											76
											238,06
											71
											12,93
											78
Mata	18,83 a	1,05 b	2,10 a	44,45 a	2,20 a	7,53	100	141,87	100	7,93	100
											15,82
											100
											334,91
											100
											16,58
											100

As médias das concentrações de nutrientes na manta dos povoamentos seguidas de letras iguais não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5%. Os estoques de nutrientes imobilizados na manta foram calculados utilizando a quantidade média de manta encontrada nos povoamentos no primeiro ano de observação.

Tabela 14- Coeficientes de desaparecimento (k), e taxa de retorno (1/k) para o material orgânico (MO) e estoques de N, P, K, Ca e Mg, na manta florestal. Silveira Martins, RS.

Vegetação	MO	N	P	K	Ca	Mg
Capoeira	k	1,18	1,08	1,44	2,54	0,81
	1/k (anos)	0,85	0,92	0,70	0,39	1,23
Capoeirão	k	1,47	1,57	1,80	3,88	0,87
	1/k (anos)	0,68	0,64	0,56	0,26	1,15
Mata	k	1,39	1,15	1,45	3,23	0,81
	1/k (anos)	0,72	0,87	0,69	0,31	1,24
						0,76

Nos povoamentos mais jovens, as concentrações de fósforo na manta foram maiores do que na floresta mais antiga, refletindo a serapilheira mais rica nesse nutriente. Os estoques de P imobilizados nas mantas dos três povoamentos foram similares, pois as quantidades menores de manta existentes na capoeira e no capoeirão foram compensadas por concentrações mais altas de P (Tabela 13).

O conteúdo de Ca na manta dos povoamentos apresentou um comportamento inverso ao apresentado pelo P, ou seja, maiores concentrações na manta das florestas mais desenvolvidas. A manta da mata apresentou quase o dobro do estoque de Ca imobilizado na manta da capoeira. Devido à esta diferença, os estoques de Ca foram os que apresentaram maior discrepância entre as mantas dos povoamentos.

Através da relação entre a quantidade de serapilheira produzida anualmente e a quantidade média de manta sobre o solo foram obtidos os coeficientes de decomposição (k) para o material orgânico. Os coeficientes k para os nutrientes também foram obtidos através da relação entre as quantias retornadas pela serapilheira e os estoques imobilizados na manta.

A Tabela 14 exhibe os coeficientes de desaparecimento da serapilheira (MO) nas florestas; as taxas de circulação de N, P, K, Ca e Mg e o tempo médio que esses elementos ficam imobilizados na manta orgânica. A Tabela 14 compara a velocidade de reciclagem de N, P, K, Ca e Mg nas florestas, utilizando a taxa de desaparecimento da serapilheira como referência.

Entre os nutrientes estudados, observou-se três padrões de ciclagem; o K apresentou velocidade de reciclagem bem maior do que o material orgânico e seus estoques na manta são reabastecidos diversas vezes no ano, pela queda de serapilheira; o Ca apresentou grandes estoques na manta, velocidade de reciclagem menor do que o material orgânico e necessidade de tempo superior a 1 ano para substituir totalmente seus estoques na manta; os elementos N, P e Mg apresentaram taxas de ‘liberação’ da manta intermediárias entre o K e o Ca e na mesma faixa de tempo do material orgânico, com a

liberação do P sendo um pouco mais rápida e a do Mg um pouco mais lenta que a decomposição do material orgânico.

A manta, em relação à serapilheira, foi empobrecida na maioria dos nutrientes, exceto em Ca, onde houve um aumento nas concentrações. O cálcio foi, portanto, o elemento com maior tempo de residência na manta (Tabela 13) e esta funcionou como um importante reservatório para esse elemento, nos três povoamentos estudados.

As taxas de renovação dos estoques de N, P, K, Ca e Mg na manta dos povoamentos variaram mais acentuadamente entre os elementos do que entre as florestas. Ao analisar os elementos individualmente, percebe-se que o comportamento deles variou sensivelmente entre as florestas. A variação mais expressiva ocorreu com o nitrogênio; a maior taxa de circulação de N foi encontrada no capoeirão. Isso foi atribuído ao alto conteúdo de N encontrado na serapilheira derrubada neste povoamento, o que pode explicar a maior velocidade de decomposição da manta aí encontrada. Em média, a velocidade de 'liberação' de nutrientes foi maior no capoeirão com 19 anos e menor na capoeira com 13 anos, ficando a mata mais antiga, em termos de velocidade de reciclagem de nutrientes, em uma posição intermediária entre os dois povoamentos mais jovens.

5- CONCLUSÕES

A produção de serapilheira aumentou com o desenvolvimento da vegetação florestal, crescendo significativamente até ocorrer o fechamento do dossel; a partir desse ponto a produção de serapilheira estabilizou, não havendo diferenças significativas, nesse aspecto, entre o capoeirão de 19 anos de idade e a mata secundária. A primavera foi a estação do ano onde a queda de serapilheira foi mais intensa, e o verão onde ela foi menor. Esta sazonalidade foi mais marcante nos estágios mata e capoeirão, onde as comunidades vegetais eram dominadas por espécies secundárias tardias e iniciais e a influência de espécies pioneiras era menor.

O folheto foi a fração mais importante da serapilheira, representando entre 64% e 73% do total de serapilheira derrubado nos povoamentos. Na capoeira os grupos ecológicos mais importantes na produção de folheto foram os formados por espécies pioneiras e secundárias iniciais; essa predominância foi alterada nos estágios mais avançados e na mata secundária o predomínio foi das espécies secundárias tardias. A participação de cipós ou lianas na produção de folheto foi pequena, mesmo na capoeira; a participação de espécies típicas de sub-bosque também foi pouco significativa, inclusive na mata secundária. Dentre as espécies que mais produziram folheto destacaram-se *Mimosa bimucronata*, *Ocotea puberula*, *Cupania vernalis*, *Parapiptadenia rigida*, *Alchornea triplinervia*, *Nectandra megapota mica* e *Cabralea canjerana*.

Quanto às concentrações de nutrientes, os teores de P na serapilheira diminuíram com a idade da vegetação; já as concentrações de K, Ca e Mg não apresentaram essa tendência, mantendo-se constantes nos três povoamentos avaliados. As concentrações de N foram maiores na serapilheira derrubada no capoeirão do que na

capoeira ou na mata. Os principais fatores influenciando as concentrações de N e P na serapilheira, foram a composição florística dos povoamentos e o estágio de desenvolvimento da vegetação.

A ordem de magnitude na transferência de nutrientes pela serapilheira nos povoamentos foi semelhante: $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P}$. As quantidades absolutas de N, K, Ca e Mg transferidas ao solo, aumentaram com a idade da vegetação, mas diferenças significativas na magnitude das transferências foram detectadas apenas entre a capoeira e a mata. Não houve diferença significativa entre os povoamentos na transferência anual de P ao solo.

A eficiência de utilização dos elementos P e Ca foi baixa, em comparação com outras florestas do Brasil e do mundo, indicando que a produtividade das florestas estudadas não é limitada pela disponibilidade desses nutrientes no solo.

Durante o período de estudo, a maior parte dos nutrientes retornou ao solo nas épocas de maior queda de serapilheira. O folheto foi a fração da serapilheira mais importante na transferência de nutrientes ao solo. As espécies *Mimosa bimucronata* e *Parapiptadenia rigida* tiveram participação expressiva na ciclagem de N na capoeira e no capoeirão, respectivamente. A espécie *Ocotea puberula*, foi importante para a ciclagem do P na capoeira e no capoeirão. As espécies *Alchornea triplinervia*, para o Ca, e *Cabralea canjerana*, para Ca e Mg, foram importantes na mata secundária. As espécies *Quillaja brasiliensis*, *Cupania vernalis* e *Rapanea umbellata* produziram folheto com baixas concentrações de quase todos os nutrientes avaliados, exceto em K.

As quantidades médias de mantas sobre o solo da capoeira, capoeirão e mata foram respectivamente $4,2 \text{ t ha}^{-1}$, $5,6 \text{ t ha}^{-1}$ e $6,0 \text{ t ha}^{-1}$. A serapilheira apresentou uma rápida velocidade de decomposição. Os coeficientes k de decomposição variaram entre 1,4 na capoeira e no capoeirão e 1,6 na mata. A velocidade de decomposição da serapilheira nos povoamentos estudados foi próxima de valores relatados para outras florestas estacionais do Brasil, principalmente em São Paulo.

Não houve diferença significativa entre os povoamentos nas concentrações de N, K e Mg na manta florestal, mas houve diferença nas concentrações de P e Ca. Os estoques de P imobilizados na manta dos três povoamentos foram similares. Já os estoques de Ca imobilizados na manta da mata secundária, foram quase o dobro do existente na capoeira. O elemento K foi o que ficou menor tempo imobilizado na manta florestal, em contrapartida, o Ca foi o elemento que apresentou maior tempo de residência na manta.

A Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul, analisada através dos três povoamentos sucessionais avaliados no presente estudo, apresentou características bastante semelhantes a outras florestas estacionais do Brasil, em termos de produção e decomposição de serapilheira e ciclagem de nutrientes. Essas semelhanças podem ser importantes do ponto de vista silvicultural das espécies e facilitar no futuro o desenvolvimento e aplicação de tecnologias para a implantação de povoamentos florestais com espécies indígenas, em uma escala mais ampla do que atualmente vem sendo feita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ S., J.; GUEVARA S., S. Litterfall dynamics in a Mexican lowland tropical rain forest. **Tropical Ecology**, v.34, n.2, p. 127-142, 1993.
- ALVAREZ, J.; GUEVARA, S., S. Caida de hojarasca en la selva. In: GOMEZ-POMPA, A.; AMOR, S. del. **Investigations on the regeneration of high forests in Veracruz, Mexico.** Mexico: Editorial Alhambra Mexicana, S.A. 1985. Volume 2, p. 171-189.
- ANDERSON, J. M. Spatiotemporal effects of invertebrates on soil processes. **Biology and Fertility of Soils**, v.6, p. 216-227, 1988.
- AWETO, A. O. Secondary succession and soil fertility restoration in south-western Nigeria. **Journal of Ecology**, v. 69, p. 609-614, 1981.
- BEARZI, R.C.; POLTRONIERI, V.C. ; LONGHI, S.J. Estrutura fitossociológica do Morro das Três Marias em Santa Maria - RS. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7, Nova Prata, RS, 1992. **Trabalhos voluntários**. Santa Maria: Editora da UFSM, 1992. p. 376-394.
- BOERNER, R. E. Nutrient fluxes in litterfall and decomposition in four forests along a gradient of soil fertility in southern Ohio. **Canadian Journal of Forest Research**, v.14, p. 794-802, 1984.

- BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Levantamento dos Solos do Rio Grande do Sul. **Boletim Técnico**, n. 30., Departamento Nacional de Pesquisas Agropecuária. Divisão Pedológica, Recife, 1973, 431p.
- BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Inventário Florestal Nacional**. Florestas Nativas Rio Grande do Sul. IBDF, Brasília, 1983, 345p.
- BRITEZ, R. M. de; REISSMAN, C. B.; SILVA, S. M.; SANTOS FILHO, A. dos. Deposição estacional de serapilheira e macronutrientes em uma floresta de araucária, São Mateus do Sul, Paraná. **Revista do Instituto Florestal** v.4, parte 3, p. 766-772, mar. 1992.
- BROWN, S. ; LUGO, A.E. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**, v.6, p. 1-32, 1990.
- BRUBACHER, D.; ARNASON, J. T.; LAMBERT, J. D. H. Woody species and nutrient accumulation during the fallow period of milpa farming in Belize, C.A. **Plant and Soil**, v.114, p. 165-172, 1989.
- BURGHOUTS, T.B.A.; CAMPBELL, EJF; KOLDERMAN, PJ Effects of tree species heterogeneity on leaf fall in primary and logged dipterocarp forest in the Ulu Segama Forest Reserve, Sabah, Malaysia. **Journal of Tropical Ecology**, v.10, n.1, p. 1-26, 1994.
- CARPANEZZI, A.A. Deposição de material orgânico e nutrientes em uma floresta natural e em uma plantação de eucalipto no interior do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1980. 107p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies Florestais Brasileiras** Recomendações silviculturais, potencialidades e usos da madeira. Brasília, EMBRAPA-CNPq, 1994, 640p.

- CESAR, O. Nutrientes minerais da serapilheira produzida na mata mesófila semidecídua da fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.53, n.4, p. 659-669, 1993b.
- CESAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.53, n.4, p. 671-681, 1993a.
- COLE, D.W. ; RAPP, M. Elemental cycling in forested ecosystem. In REICHLE, D.E., **Dynamics properties of forest ecosystems**. Cambridge, England: Cambridge University Press, 1980. p 341-409.
- CUEVAS, E.; MEDINA, E. Nutrient dynamics within amazonian forest ecosystems. I. Nutrient flux in fine litter fall and efficiency of nutrient utilization. **Oecologia**, v.68, p. 466-472, 1986.
- CUNHA, G. C. da.; GRENDENE, L. A.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Dinâmica nutricional em Floresta Estacional Decidual com ênfase aos minerais provenientes da deposição de serapilheira. **Ciência Florestal**, v.3, n.1, p. 35-64, 1993.
- CUSTÓDIO FILHO, A. Produção e decomposição de serapilheira em um trecho da Floresta Pluvial Atlântica- Estação Biológica de Boracéia (São Paulo - Brasil). Piracicaba, 1994. 72p. Dissertação (M.S.) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- DANTAS, M. Produção de litter e seu conteúdo de nutrientes em floresta primária e capoeira da Amazônia Oriental. In: SIMPÓSIO DO TRÓPICO ÚMIDO, Belém, 1986. **Trabalhos apresentados**. Belém: EMBRAPA / CPATU - GTZ, 1986. p. 147-162.

- DANTAS, M. ; PHILLIPSON, J. Litterfall and litter nutrient content in primary and secondary Amazonian 'terra firme' rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.5, p. 27-36, 1989.
- DINIZ, S. Ciclagem de nutrientes associados aos processos de produção decomposição do folheto em um ecossistema de mata mesófila semidecídua, no município de Araras. Rio Claro, 1987. 89p. Dissertação (M.S.) - UNESP (Rio Claro).
- EWEL, J. J. Litter fall and leaf decomposition in a tropical forest succession in Eastern Guatemala. **Journal of Ecology**, v.64, p. 293-308, 1976.
- FOURNIER, M.E.H. & FOURNIER, L.A. Producción, descomposición e invertebrados del mantillo en varias etapas de la sucesión en Ciudad Colón, Costa Rica. **Revista de Biología Tropical**, v.25, n.2, p. 275-288, 1977.
- FREDERICK, D.J.; MADGWICK, H.A.I.; JURGENSEN, M.F.; OLIVER, G.R. Dry matter content and nutrient distribution in an age series of Eucalyptus regnans plantations in New Zealand. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v.15, n.2, p. 158-179, 1985.
- FRITH, D.; FRITH, C. Seasonality of litter invertebrate populations in an Australian upland tropical rain forest. **Biotropica**, v.22, n.2, p. 181-190, 1990.
- GALVÃO, F.; ZILLER, S.R.; BUFREM, A.M. Decomposição foliar de algumas espécies arbóreas: análise sucessional em Floresta Estacional Decidual. **Revista do Setor de Ciências Agrárias (UFPR)**, v.11, n. 1/2, 1989/1991.
- GARRIDO, M.A.O. ; POGGIANI, F. Avaliação da quantidade e do conteúdo de nutrientes do folheto de alguns povoamentos puros e mistos de espécies indígenas. **Silvicultura em São Paulo**, v.15/16, p. 1-22, 1981/82.

- GOLLEY, F. B. Nutrient cycling and nutrient conservation. In: GOLLEY, F.B. **Tropical rain forest ecosystem: structure and function**. Amsterdam: Elsevier, 1983. p.137-156.
- GONG, W. K.; ONG, J. E. Litter production and decomposition in a coastal hill dipterocarp forest. In: SUTTON, S.L.; WHITMORE, T.C.; CHADWICK, A.C. **Tropical rain forest; ecology and management** Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications, 1983. p. 275-285.
- HARRISON, A. F. Labile organic phosphorus mineralization in relationship to soil properties. **Soil Biology and Biochemistry**, v.14, p. 343-351, 1982.
- HEGARTY, E. E. Leaf litter production by lianas and trees in a sub-tropical Australian rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.7, p. 201-214, 1991.
- HERRERA, R.; JORDAN, C.; MEDINA, E.; KLINGE, H. How human activities disturb the nutrient cycles of a tropical rain forest Amazonia. **Ambio**, v.10, n. 2/3, p.109-114, 1981.
- JACKSON, J.F. Seasonality of flowering and leaf-fall in a Brazilian Subtropical Lower Montane Moist forest. **Biotropica**, v.10, n.1, p. 38-42, 1978.
- JORDAN, C. F.; HERRERA, R. Tropical rains forests: are nutrients really critical? **The American Naturalist**, v.117, n.2, p. 167-180, fev. 1981.
- KLEIN, R. M. Aspectos dinâmicos da vegetação no sul do Brasil. **Sellowia**, v.36, p. 5-54, 1984a.
- KLEIN, R. M. Síntese ecológica da Floresta Estacional da Bacia do Jacuí e importância do reflorestamento com essências nativas (RS). In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 5, Nova Prata (RS), 1984. **Trabalhos convidados**. Santa Maria: Editora da UFSM, 1984b. p. 265-278.

- KLINGE, H. ; RODRIGUES, W. A. Litter production in an area of Amazonian terra-firme forest. Part I. Litterfall, organic carbon and total nitrogen contents. **Amazoniana**, v.1, n.4, p. 287-302, 1968a.
- KLINGE, H. ; RODRIGUES, W. A. Litter production in an area of Amazonian terra-firme forest. Part II. Mineral nutrient content of the litter. **Amazoniana**, v.1, n.4, p. 303-310, 1968b.
- LAMB, D.; FLORENCE, R.G. Influence of soil type on the nitrogen and phosphorus content of radiata pine litter. **New Zealand Journal of Forestry Science**, v.5, n.2, p. 143-151, 1975.
- LEITÃO FILHO, H. de.; PAGANO, S. N.; CESAR, O. et al. **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão**. São Paulo: Editora UNESP / Editora UNICAMP, 1993. 184p.
- LOUBRY, D. La phenologie des arbres caducifolies en foret guyanaise (5ø de latitude nord): illustration d'un determinisme a composantes endogene et exogene. **Canadian Journal of Botany**, v.72, n.12, p. 1843-1857, 1994.
- LUIZÃO, F. J. ; SCHUBART, H. O. R. Litter production and decomposition in a terra-firme forest of Central Amazonia. **Experientia**, v.43, n.3, p. 259-264, 1987.
- MACHADO, P. F. dos S.; LONGHI, S. J. Aspectos florísticos e fitossociológicos do “Morro do Elefante”, Santa Maria, RS. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 20, n.3/4, jul./dez. 1990.
- MAZZARINO, M. ; EWEL, J.; BERISH, C.; BROWN, B. Efectos de una sucesion de cultivos en la fertilidad de suelos volcanicos respecto a la sucesion natural. **Turrialba**, v.38, n.4, p. 345-351, 1988.
- MEDINA, E.; GARCIA, V.; CUEVAS, E. Sclerophylly and oligotrophic environments: relationships between leaf structure, mineral nutrient content, and drought resistance

- intropical rain forests of the upper Rio Negro region. **Biotropica**, v.22, n.1, p.51-64, 1990.
- MEGURO, M.; VINUEZA, G. N.; DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo. I- Produção e conteúdo de nutrientes minerais no folheto. **Boletim de Botânica da USP**, v.7, p. 11-31, 1979.
- MEGURO, M.; VINUEZA, G. N.; DELITTI, W. B. C. Ciclagem de nutrientes minerais na mata mesófila secundária - São Paulo. III- Decomposição do material foliar e liberação de nutrientes minerais. **Boletim de Botânica (USP)**, v. 8, p. 7-20, 1980.
- MILLER., H. G. Nutrient cycles in forest plantations, their changes with age and the consequence for fertilizer practice. In: AUSTRALIAN FOREST NUTRITION WORKSHOP PRODUCTIVITY IN PERPETUITY, Canberra Australia , 1981. **Proceedings**. Canberra: Australian Forestry Council, 1981, p. 187-199.
- MILLER., H. G. The influence of stand development on nutrient demand, growth and allocation. **Plant and Soil**, v.168/169, p. 225-232, 1995.
- MONTAGNINI, F.; FERNANDEZ, R.; HAMILTON, H. Relaciones entre especies nativas y la fertilidad de los suelos. Parte 1: Contenido de elementos en la biomasa. **Yvyrareta**, v.6, n.6, p. 5-12, 1995.
- MORELLATO, L.P.C. Nutrient cycling in two south-east Brazilian forest. I Litterfall and litter standing crop. **Journal of Tropical. Ecology**, v.8, p. 205-215, 1992.
- MOTA, F. S.; BEIRSDORF, M. I. C.; GARCEZ, J. R. B. **Zoneamento agroclimático do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Normais agroclimáticas**. Ministério da Agricultura, Instituto de Pesquisa Agropecuária v.1, circular nº.50, Pelotas, RS.1971.
- MUDRICK, D.A.; HOOSEIN, M.; HICKS, R.R.Jr.; TOWNSEND, E.C. Decomposition of leaf litter in an Appalachian forest: effects of leaf species, aspect, slope position and time. **Forest Ecology and Management**, v.68, n.2/3, p.231-250, 1994.

- MUELLER-DUMBOIS & ELLEMBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York, John Wiley, 1974. 547p.
- NYE, P. H.; GREENLAND, D. J. **The soil under shifting cultivation**. Commonwealth Bureau of Soils. Tech. Comm. 51. 1960, 156p.
- O'CONNELL, A. M.; MENAGE, P. M. A. Litter fall and nutrient cycling in karri (*Eucalyptus diversicolor* F. Muell.) forest in relation to stand age. **Australian Journal of Ecology**. v.7, n.1, p. 49-62, 1982.
- OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers in ecological systems. **Ecology**, v.44, p. 322-331, 1963.
- ORSBORNE, J. L.; MACAULEY, B. J. Decomposition of *Eucalyptus* leaf litter: influence of seasonal variation in temperature and moisture conditions. **Soil Biology & Biochemistry**, v.20, n.3, p. 369-375, 1988.
- PAGANO, S.N. Produção de folheto em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.49, n.3, p.633-639, 1989(a).
- PAGANO, S.N. Nutrientes minerais no folheto produzido em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v.49, n.3, p.641-647, 1989(b).
- PALM, C.A. ; SANCHEZ, P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. **Soil Biology and Biochemistry**, v.23, n.1, p.83-88, 1991
- PANDEY, H. N.; GAUR, J. P.; SINGH, R. N. Litter input and decomposition in tropical dry deciduous forest, grassland and abandoned crop field communities at Varanasi, India. **Acta Oecologica**, v.1, n.3, p. 317-323, 1980.

- PLACCI, L. G.; ARDITI, S. I.; CIOTEK, L. E. Productividad de hojas, flores y frutos en el parque nacional Iguazú. **Yvyrareta**, v.5, n. 5, p. 49-56, 1994.
- POGGIANI, F. ; MONTEIRO Jr., E. S. Deposição de folheto e retorno de nutrientes ao solo numa floresta Estacional semidecídua em Piracicaba, SP. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, Campos do Jordão, 1990. **Trabalhos voluntários** Campos do Jordão, 1992. p.596-602.
- PRITCHETT, W. L. **Suelos Forestales**. Propriedades, conservación y mejoramiento. Mexico, Ed. Limusa 1986, 634p.
- RAI, S. N.; PROCTOR, J. Ecological studies on four rainforests in Karnataka, India. **Journal of Ecology**, v.74, p. 455-463, 1986.
- RAMAKRISHNAN, P. S. Nutrient cycling in forest fallows in north eastern India. In: PROCTOR, J. **Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems**. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications, 1989. p. 337-352.
- RAMBO, B. S. J. **A Fisionomia do Rio Grande do Sul**. 3.ed. São Leopoldo, Editora Unisinos, 1994. 473p.
- RAULUND R. K; VEJRE, H. Effect of tree species and soil properties on nutrient immobilization in the forest floor. **Plant and Soil**, v.168/169, p. 345-352, 1995.
- SARRUGE, J. R. ; HAAG, H. P. **Análise química em plantas**. Piracicaba, ESALQ, 1974. 56p.
- SARTORI, P. L.; MACIEL FILHO, C.; MENEGOTTO, E. Contribuição ao estudo das rochas efusivas da Bacia do Paraná na região de Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Geociências**, v.5, p. 141-159, 1975.

- SCHLITTLER, F. H. M. Fitossociologia e ciclagem de nutrientes na floresta tropical do Parque Estadual do Morro do Diabo (região do Pontal do Paranapanema, Estado de São Paulo). Rio Claro, 1990. 279p. Tese (Doutorado) - UNESP (Rio Claro).
- SCOTT, D. A.; PROCTOR, J.; THOMPSON, J. Ecological studies on a lowland evergreen rain forest on Maracá Island, Roraima, Brazil. II. Litter and nutrient cycling. **Journal of Ecology**, v.80, p. 705-717, 1992.
- SCHMIDT, M. V. C.; MARCHIORI, J. N. C.; DURLO, M. A. Aspectos da sucessão secundária em uma floresta de encosta no município de Silveira Martins - RS. (não publicado).
- SILVA, L C. da ; LONGHI, S. J. Aspectos florísticos e fitossociológicos do Morro do Linck. In: Semana do Ambiente, 3., Piracicaba, SP, 1989. **Trabalhos apresentados**. Piracicaba, CENA/USP, 1989. p. 177-207.
- SILVA, L. C. da; LONGHI, S. J. ; FLEIG, F. D. Composição florística e fitossociológica do componente arbóreo do “Ecomuseu da Quarta Colônia” - Silveira Martins - RS. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7., Nova Prata, RS, 1992,. **Trabalhos voluntários**, Santa Maria: Editora da UFSM, 1992. p. 357-375.
- SILVA, L. F. Interação solo-vegetação em floresta primária e capoeira do ecossistema de tabuleiro do sudeste da Bahia. **Agrotrópica** v.2, n.2, p. 96-104, 1990.
- SILVA, M. F. F. da; LOBO, M. da G. A. Nota sobre a deposição de matéria orgânica em floresta de terra firme, várzea e igapó. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi** (Botânica) n. 56, p. 1-13, out. 1982.
- SILVA, M. F. F. da. Produção anual de serapilheira e seu conteúdo mineralógico em mata tropical de terra firme. Tucuruí-Pa. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi** (Botânica), v.1, n. 1/2, p. 111-158, ago. 1984.

- SILVER, W.L. Is nutrient availability related to plant nutrient use in humid tropical forests? *Oecologia*, v.98, n. 3/4, p. 336-343, 1994.
- SINGH, J.; GEORGE, M.; VARGHESE, G: Nutrient cycling in moist deciduous forest litter production and nutrients return. *Indian Forester*, v.119, n.12, p. 1004-1010, 1993.
- SUMIDA, A. Litterfall in a secondary forest with special reference to the relationships between leaf fall rate, basal area and relative growth rate on a species basis. *Ecological Research*, v.6, n.1, p. 51-62, 1991.
- SWAMY, P. S.; RAMAKRISHNAN, P. S. Contribution of *Mikania micrantha* during secondary succession followed slash and burn agriculture (jhum) in north east India. II. Nutrient cycling. *Forest Ecology and Management*, v.22, n. 3/4, p. 239-249, 1987.
- SWITZER, G. L. ; NELSON, L. E. Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation ecosystems: The first twenty years. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* v.36, p. 143-147, 1972.
- TABARELLI, M. Flora arbórea da floresta estacional baixo-montana no município de Santa Maria, RS, Brasil. *Revista do Instituto Florestal* v.4, parte 1, p. 260-268, mar. 1992.
- TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre: UFRGS, 1985, 188p. (Boletim Técnico, 5)
- TOKY, O. P.; RAMAKRISHNAN, P. S. Secondary succession following slash and burn agriculture in north eastern India. II. Nutrient cycling. *Journal of Ecology*, v.71, n.3, p. 747-757, 1983.
- VACCARO, S.; HESS, A. F. ; LONGHI, S. J. Estudo da composição florística e estrutura da vegetação arbórea da sede do município de Santa Tereza - RS. In:

- CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 7, Nova Prata, RS, 1992 **Trabalhos voluntários**. Santa Maria: Editora da UFSM, 1992. p. 395-415.
- VARJABEDIAN, R.; PAGANO, R.M. Produção e decomposição de folhedo em trecho de Mata Atlântica de encosta no município do Guarujá, SP. **Acta Botânica Brasilica**, v. 1, n.2, p. 243-256, 1988.
- VINHA, S. G. da; PEREIRA, R. C. Produção de folhedo e sua sazonalidade em 10 espécies arbóreas nativas no Sul da Bahia. **Revista Theobroma**, v.13, n.4, p. 327-341, 1983.
- VITOUSEK, P. M. Nutrient cycling and nutrient use efficiency. **American Naturalist**, v.119, n.4, p. 553-572, abr. 1982.
- VITOUSEK, P. M.; SANFORD, R. L. Jr. Nutrient cycling in moist tropical forest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.17, p. 137-167, 1986.
- VOGT, K. A.; GRIER, C. C.; VOGT, D. J. Production, turnover and nutrient dynamics of above and belowground detritus of world forest. **Advances in Ecological Research**, v.15, p. 303-377, 1986.
- ZARIN, D.J.; JOHNSON, A.H. Base saturation, nutrient cation, and organic matter increases during early pedogenesis on landslide scars in the Luquillo experimental Forest, Puerto Rico. **Geoderma**, v.65, n. 3-4, p. 317-330, 1995.
- ZHANG, Q.; ZAK, J. C.; ZHANG, Q. H. Effects of gap size on litter decomposition and microbial activity in a subtropical forest. **Ecology**, v.76, n.7, p. 2196-2204, 1995.