

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA E NUTRIENTES EM  
UMA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL EM  
ITAARA-RS, BRASIL**

**TESE DE DOUTORADO**

**Hamilton Luiz Munari Vogel**

**Santa Maria, RS, Brasil  
2005**

**QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA E NUTRIENTES EM UMA  
FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL EM ITAARA-RS,  
BRASIL**

**por**

**Hamilton Luiz Munari Vogel**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Doutor em Engenharia Florestal.**

**Orientador: Prof. Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher**

**Santa Maria, RS, Brasil.**

**2005**

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

**QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA E NUTRIENTES EM UMA  
FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL EM ITAARA-RS, BRASIL**

elaborada por  
**Hamilton Luiz Munari Vogel**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Engenharia Florestal**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

**Mauro Valdir Schumacher, Dr. nat. techn.**  
(Presidente/Orientador)

**Peter Trüby, Dr. rer. nat. (Freiburg-Alemanha)**

**Flávio Luiz Foletto Eltz, Dr (UFSM)**

**Doádi Antônio Brena, Dr. (UFSM)**

**Solon Jonas Longhi, Dr. (UFSM)**

**Santa Maria, 23 de setembro de 2005.**

## DEDICATÓRIA

A minha Psicanalista,  
Lúcia Couto de Mello

Aos meus pais,  
Otto Vogel (*in memoriam*) e  
Elenir Munari Vogel.

**Dedico este trabalho**

## **AGRADECIMENTOS**

A elaboração de um trabalho só é possível com a ajuda de muitas pessoas. Quero deixar aqui o meu sincero obrigado a todos aqueles que, de uma maneira ou de outra, ajudaram neste trabalho que, mesmo seus nomes não constando na lista, estiveram presentes e foram importantes.

Agradeço ao Prof. Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher por sua prestimosa orientação. E, de modo singular, pelo contágio da seriedade de suas idéias que giram em torno de preocupações que ultrapassam o nosso cotidiano, abrangendo aquilo que é da ordem do duradouro, do perene, em oposição ao efêmero, ao passageiro.

Em especial, agradeço ao Prof. Dr. rer. nat. Peter Trüby, por sua orientação, sugestões e apoio neste trabalho, e convivência no período de minha estadia na Alemanha, acolhendo-me em âmbito familiar.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de realizar o curso.

Ao Diretor do Instituto de Ciência do Solo e Nutrição Florestal da Albert-Ludwigs-Universität Freiburg na Alemanha, Prof. Dr. Ernst E. Hildebrand, pela oportunidade de estudar naquela universidade.

Ao Eng. Florestal Rudi Witschoreck, pela ajuda prestada, dicas importantes e amizade, imprescindíveis na realização deste trabalho.

Às laboratoristas do Instituto de Ciência do Solo e Nutrição Florestal da Albert-Ludwigs-Universität Freiburg na Alemanha, Petra Grossmann, Christina Petschke, Petra Wiedemer e Elfriede Reiprich, pelo ensino e orientação no laboratório, e amizade. Em especial, à Petra Grossmann, por sua dedicação e especial amizade.

À CAPES/DAAD pela bolsa de estudos no Brasil e na Alemanha.

Aos co-orientadores Alexandro Dal'Col Lúcio e Solon Jonas Longhi, pelas sugestões e ajuda prestada.

Ao Batalhão de Polícia Ambiental que, por intermédio do Maj. Ademar Grasel, apoiou a realização deste trabalho.

À bolsista Elisabete Vuaden, pela dedicação, ajuda na coleta dos dados e amizade.

Aos bolsistas Márcio Viera, Danrlei Michel Bonacina, Lucas Zancan Pissinin e Joabel Barbieri, pela ajuda prestada na coleta de biomassa e amizade.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, pela convivência, incentivo e amizade.

Meu sincero muito obrigado.

## RESUMO

Tese de Doutorado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal  
Universidade Federal de Santa Maria

### **QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA E NUTRIENTES EM UMA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL EM ITAARA-RS, BRASIL**

AUTOR: HAMILTON LUIZ MUNARI VOGEL  
ORIENTADOR: MAURO VALDIR SCHUMACHER  
Data e local da defesa: Santa Maria, 23 de setembro de 2005.

O presente trabalho foi realizado em uma fazenda pertencente à Brigada Militar do RS no município de Itaara-RS, Brasil, e teve como principais objetivos: quantificação do estoque de nutrientes no solo; avaliação da deposição de serapilheira, e a deposição de folhas de diferentes espécies arbóreas nativas; quantificação dos nutrientes na serapilheira, e nas folhas das diferentes espécies; quantificação da biomassa acima do solo, e dos nutrientes. Para a coleta das amostras de solo, foram abertas oito trincheiras. Nestas foram coletadas as amostras a cada 10 cm de profundidade, para determinação da densidade do solo e análise química (macronutrientes disponíveis e totais). Para a coleta de serapilheira, foram demarcadas seis parcelas de 25 m x 17 m cada, alocados no interior da floresta. Em cada parcela, foram distribuídos cinco coletores circulares, totalizando assim trinta coletores. As coletas de serapilheira foram realizadas mensalmente, durante um período de 24 meses. No laboratório, o material foi separado nas frações, folhas, galhos finos (< 1 cm) e miscelânea (flores, frutos, sementes e restos vegetais não-identificáveis). Após a separação da serapilheira, as folhas foram separadas em sete espécies arbóreas. Nesse material, foram determinados os teores totais de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe e Mn. Para a quantificação da biomassa, as árvores foram separadas nas frações madeira do fuste, casca do fuste, galhos e folhas. A estimativa da biomassa foi obtida pelo uso da equação  $\log y = b_0 + b_1 \cdot \log \text{DAP}$ . Nas amostras da biomassa, foram determinados os teores totais de N, P, K, Ca, Mg e S. Os resultados indicam que o solo da área de estudo pode ser considerado de fertilidade média. Nos 24 meses de coleta de serapilheira, houve grande deposição no início do inverno e primavera. As folhas foram responsáveis por 71,7% da composição da serapilheira, os galhos finos contribuíram com 16,5%,

e a miscelânea com a menor proporção de 11,8%. Não houve correlação significativa entre as variáveis climáticas temperatura média e precipitação mensal e a devolução de serapilheira. Grandes quantidades de nutrientes estão armazenados na serapilheira, constituindo uma via importante de devolução de nutrientes para a floresta. A espécie que mais devolveu folhas e nutrientes ao longo dos 24 meses de coleta foi a *Parapiptania rigida*, estabelecendo-se a seguinte ordem crescente: *Parapiptania rigida* > *Ocotea pulchella* > *Matayba elaeagnoides* > *Ocotea puberula* > *Nectandra megapotamica* > *Schinus mole* > *Cupania vernalis*. Os maiores teores de N, P e Ca foram encontrados na espécie *Parapiptadenia rigida*. Os maiores teores de K, Mg e S foram encontrados na espécie *Matayba elaeagnoides*. A produção total de biomassa acima do solo das árvores foi de 210,0 Mg ha<sup>-1</sup>, seguindo a ordem de quantidade: galhos > madeira do fuste > casca do fuste > folhas. As folhas foram o componente com os maiores teores de N, P, K, Mg e S; na casca do fuste, está o maior teor de Ca; a madeira do fuste foi o componente que apresentou os menores teores de nutrientes em sua biomassa. Os galhos foi o componente com maior estoque de nutrientes, com mais de 55% do N, P, K, Ca, Mg e S da biomassa acima do solo das árvores. No componente solo, estão os maiores estoques de N, P, K, Ca, Mg e S na floresta estudada. A remoção da madeira do fuste e galhos tem como consequência uma exportação elevada de N, P, K, Ca, Mg e S. Com a colheita somente da madeira do fuste, serão removidos para fora do sistema 19, 21, 25, 17, 28 e 29% do N, P, K, Ca, Mg e S respectivamente, ou seja, mais de 70% dos nutrientes permanecem no sítio.

Palavras-chave: floresta nativa, biomassa, serapilheira, solo, nutriente.

## ABSTRACT

Doctor's Thesis  
Post-Graduation Program in Forest Engineering  
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

### BIOMASS AND NUTRIENTS QUANTIFICATION IN SEASONAL DECIDUOUS FOREST IN ITAARA-RS, BRAZIL

Author: Hamilton Luiz Munari Vogel  
Advisor: Prof. Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher  
Date and place of Defense: Santa Maria, september, 23<sup>th</sup>, 2005.

This study was conducted in a farm belonging to Military Brigade in the Itaara county, RS. The main objective was to quantify the nutrient stocks in the soil and the above ground biomass. The second aim was to evaluate the litterfall from different tree species, and to quantify the internal nutrient cycling and the nutrient flux to the soil, respectively. The total contents of N, P, K, Ca, Mg, S, Fe and Mn were determined for all plant and soil material. For sample collection 8 trenches were opened. Soil samples were taken in each 10 cm depth for determining soil density and the chemical analysis of total and available nutrient contents. To litter collection six plots (25 m x 17 m) were marked with five round collectors in each plot. Litter collections were done monthly, during a period of 24 months. The litter material was separated in the laboratory in leaves, fine branches (< 1 cm) and miscellaneous (flowers, fruits, seeds and debris of unidentified plants). After this preseparation a further separation followed selecting the leaves of 7 tree species. To quantify the biomass, the trees were separated in the fractions stemwood, stembark, branches and leaves. The biomass estimation based on the equation  $\log y = b_0 + b_1 \cdot \log \text{DAP}$ , which was derived from the biometric data. The results indicate that the soil of the studied area has a medium fertility. In the 24 months of litter collection the main deposition occurred in the beginning of winter and spring. The leaves contributed with 72% in litter composition, the fine branches with 16%, and the miscellaneous with 12%. There wasn't a significant correlation between the climatic variables (average temperature and monthly rainfall) and the litterfall. Great amounts of nutrients are allocated in the litter being an important way of internal nutrient cycling within the forest. *Parapiptania rigida* was the species with the greatest cycling rate along the 24 months. In total the following increasing order exists: *Parapiptania*

*rigida* > *Ocotea pulchella* > *Matayba elaeagnoides* > *Ocotea puberula* > *Nectandra megapotamica* > *Schinus mole* > *Cupania vernalis*. The highest contents of N, P, and Ca were found in *Parapiptania rigida*, the highest contents of K, Mg and S were found in *Matayba elaeagnoides*. The above ground biomass totaled to 210 Mg ha<sup>-1</sup>. Branches had the greatest amount followed by stemwood > stembark > leaves. However, the highest contents of N, P, K, Mg and S were found in the leaves, the highest Ca contents in the stembark. Compared with the other tree compartments branches had the highest stock of nutrients. More than 55% of total N, P, K, Ca, Mg and S of the above ground biomass was stored in this compartment. Regarding to the total forest ecosystem the highest stocks of N, P, K, Ca, Mg and S are in the soil. In view of a potential usage a complete removal of stemwood and wood branches would cause an essential export of N, P, K, Ca, Mg and S. However, if harvesting is restricted to stemwood, only 19% N, 21% P, 25% K, 17% Ca, 28% Mg and 29% S would be removed outside the environment. More than 70% of the nutrients will remain in the ecosystem.

Key-words: native forest, biomass, litter, soil, nutrient.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Esquema da ciclagem de nutrientes em um ecossistema terrestre.....	22
FIGURA 2 – Localização do município de Itaara e da área experimental no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.....	27
FIGURA 3 – Carta de uso da terra da Fazenda da Brigada Militar em Itaara-RS, Brasil.....	28
FIGURA 4 – Aspecto de uma trincheira para coleta de solo da área experimental. Itaara-RS, Brasil.....	30
FIGURA 5 – Aspecto de um dos coletores de serapilheira utilizado. Itaara-RS, Brasil.....	31
FIGURA 6 – Aspecto do corte de uma das árvores na Floresta Estacional Decidual. Itaara-RS, Brasil.....	33
FIGURA 7 – Aspecto da separação das folhas dos galhos de uma árvore <i>Parapiptadenia rigida</i> (Angico-vermelho) na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.....	34
FIGURA 8 – Aspecto da pesagem com balança de gancho do componente galhos na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.....	35
FIGURA 9 – Aspecto da retirada de disco de madeira com casca do fuste de uma árvore na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.....	35
FIGURA 10 – Aspecto da pesagem de amostra de madeira do fuste para análise química na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.....	36
FIGURA 11 – Percentagem de madeira em razão das classes de diâmetro na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.....	40
FIGURA 12 – Representação gráfica da estimativa dos componentes da biomassa acima do solo na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.....	41
FIGURA 13 – Sazonalidade da serapilheira ao longo dos 24 meses de coleta na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.....	48
FIGURA 14 – Produção média mensal de serapilheira na Floresta Estacional Decidual em razão da temperatura média mensal, Itaara-RS, Brasil.....	50
FIGURA 15 – Produção média mensal de serapilheira na Floresta Estacional Decidual em razão da precipitação mensal, Itaara-RS, Brasil.....	51

FIGURA 16 – Devolução mensal do N pela serapilheira na Floresta Estacional Decidual estudada. Itaara-RS, Brasil. ....	57
FIGURA 17 – Devolução mensal do Ca pela serapilheira na Floresta Estacional Decidual estudada. Itaara-RS, Brasil. ....	57
FIGURA 18 – Devolução mensal de folhas pelas espécies identificadas na Floresta Estacional Decidual estudada, Itaara-RS, Brasil. ....	59
FIGURA 19 – Devolução mensal de N pelo folheto das espécies analisadas na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil. ....	65
FIGURA 20 – Devolução mensal de Ca pelo folheto das espécies analisadas na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil. ....	65
FIGURA 21 – Distribuição relativa dos nutrientes disponíveis no solo e total na biomassa acima do solo, na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil. ....	74
FIGURA 22 – Distribuição relativa dos macronutrientes totais no solo e na biomassa acima do solo na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil. ....	76
FIGURA 23 – Representação da Simulação de duas intensidades de colheita da biomassa da Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil. ....	78

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Classes de diâmetro e frequência de árvores encontradas na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.....	37
TABELA 2 – Características dendrométricas das árvores abatidas por classe de diâmetro na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.....	38
TABELA 3 – Biomassa total média por classe de diâmetro na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.....	39
TABELA 4 – Biomassa estimada por parcela para cada componente das árvores da Floresta Estacional Decidual em Itaara- RS, Brasil.....	42
TABELA 5 – Teores de macronutrientes na biomassa acima do solo nos componentes das árvores, na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil....	44
TABELA 6 – Estoque de macronutrientes na biomassa acima do solo das árvores e sua participação relativa por componente, na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.....	45
TABELA 7 – Serapilheira depositada ao longo dos dois anos de estudo na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.....	47
TABELA 8 – Coeficientes de correlação de <i>Pearson</i> entre os componentes da serapilheira da Floresta Estacional Decidual e variáveis climáticas, Itaara-RS, Brasil.....	52
TABELA 9 – Teores de macro e micronutrientes na serapilheira depositada na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil, ao longo dos 24 meses do estudo.....	53
TABELA 10 – Quantidades de macro e micronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) pelas frações da serapilheira da Floresta Estacional Decidual. Itaara-RS, Brasil.....	55
TABELA 11 – Participação relativa dos macro e micronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) das frações da serapilheira no período de dez/02-nov/04, na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.....	56
TABELA 12 – Total anual e participação relativa das espécies na devolução de folhas na Floresta Estacional Decidual ao longo dos dois anos de estudo. Itaara-RS, Brasil.....	60

TABELA 13 – Teores de macro e micronutrientes nas folhas das espécies arbóreas depositadas nos dois anos de coleta (dez/02-nov/04) na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil. ....	61
TABELA 14 – Quantidade média de macro e micronutrientes depositados por ano por espécie, nos 24 meses de coleta (dez/02-nov/04), na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil. ....	64
TABELA 15 – Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ) nas duas áreas estudadas na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.....	66
TABELA 16 – Características químicas do solo da Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil. ....	68
TABELA 17 – Quantidade de macronutrientes disponíveis no solo da Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.....	71
TABELA 18 – Estoque total de macronutrientes no solo na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil. ....	72
TABELA 19 – Distribuição dos nutrientes disponíveis no solo, e total na biomassa acima do solo e sua distribuição relativa na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil. ....	74
TABELA 20 – Estoque total de nutrientes no solo e na biomassa acima do solo e sua distribuição relativa na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil. ....	75
TABELA 21 – Simulação de duas intensidades de colheita de biomassa e perdas de nutrientes da Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil. ....	77

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – Teores ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de N, P, K, Ca, Mg e S na madeira do fuste por árvore, na Floresta Estacional em Itaara-RS, Brasil.....	91
ANEXO 2 – Teores ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de N, P, K, Ca, Mg e S na casca do fuste por árvore, na Floresta Estacional em Itaara-RS, Brasil.....	92
ANEXO 3 – Teores ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de N, P, K, Ca, Mg e S nos galhos por árvore, na Floresta Estacional em Itaara-RS, Brasil.....	93
ANEXO 4 – Teores ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas por árvore, na Floresta Estacional em Itaara-RS, Brasil.....	94

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	18
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	20
<b>2.1 A Floresta Estacional</b> .....	20
<b>2.2 A ciclagem de nutrientes</b> .....	21
<b>2.3 A produção de biomassa</b> .....	23
<b>2.4 As implicações ecológicas e silviculturais</b> .....	24
<b>METODOLOGIA</b> .....	27
<b>3.1 Caracterização da área de estudo</b> .....	27
3.1.1 Área experimental .....	27
3.1.2 Clima .....	28
3.1.3 Solo .....	29
3.1.4 Vegetação arbórea .....	29
<b>3.2 Amostragem</b> .....	29
3.2.1 Solo .....	29
3.2.2 Serapilheira depositada .....	31
3.2.3 Biomassa acima do solo .....	32
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	37
<b>4.1 Distribuição diamétrica</b> .....	37
<b>4.2 Características dendrométricas</b> .....	37
<b>4.3 Biomassa acima do solo</b> .....	39
4.3.1 Biomassa das árvores .....	39
4.3.2 Nutrientes nas árvores .....	43
<b>4.4 Serapilheira</b> .....	46
4.4.1 Produção de serapilheira .....	46
4.4.2 Sazonalidade da serapilheira .....	48
4.4.3 Nutrientes na serapilheira .....	52
4.4.4 Separação do folheto por espécie arbórea nativa .....	58
<b>4.5 Solo</b> .....	66
4.5.1 Densidade do solo .....	66
4.5.2 Características químicas do solo .....	67
4.5.3 Quantidade de macronutrientes disponíveis no solo .....	70

4.5.4 Quantidades de macronutrientes totais no solo .....	72
<b>4.6 Distribuição dos nutrientes na floresta .....</b>	<b>73</b>
<b>4.7 Simulação da exportação de nutrientes da floresta .....</b>	<b>76</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>80</b>
<b>Recomendações .....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>91</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No Sul do Brasil, a partir do século XIX, as florestas foram gradativamente dando lugar às atividades agropecuárias, para suprir a demanda de alimentos e produtos florestais decorrentes do aumento populacional, restando atualmente poucas áreas de floresta nativa. Essas áreas estão localizadas sobretudo em locais declivosos de difícil acesso.

Nessas regiões, encontram-se hoje em especial pequenas propriedades rurais, onde eventualmente ainda é praticada uma agricultura que consiste do corte da floresta nativa e uso do fogo para limpeza da área. Nessa prática, não é utilizado nenhum tipo de adubo, aproveitando-se os nutrientes da biomassa liberados pela queima do material vegetal.

Os estudos envolvendo os ecossistemas naturais no Brasil, com ênfase na ciclagem de nutrientes em florestas nativas, surgem da necessidade de se ampliar e aprofundar os conhecimentos sobre os aspectos nutricionais em plantações florestais com espécies nativas, tendo em vista sua utilização nas atividades aplicadas à instalação de maciços puros ou mistos destinados à recuperação de áreas degradadas ou mesmo o cultivo de essências nativas para produção de madeiras de lei (Poggiani & Schumacher, 2000).

A obtenção de dados coletados a campo, que permitam a análise do balanço nutricional em florestas, é de grande importância para o seu entendimento, possibilitando um manejo adequado e, conseqüentemente, a sua perpetuidade.

Desse modo, no estudo da ciclagem de nutrientes, é fundamental conhecer a biomassa florestal. Esta representa o valor numérico da matéria orgânica armazenada nos componentes do ecossistema. Com a informação da quantidade de biomassa orgânica e o seu teor de nutrientes, é possível calcular o reservatório de nutrientes minerais na floresta (Golley *et al.*, 1978).

No presente estudo, foram levantados dados referentes a solo, biomassa e serapilheira, objetivando a quantificação da biomassa e estoque de nutrientes em uma floresta Estacional Decidual, localizada no município de Itaara-RS, Brasil. Com os dados de biomassa e nutrientes, foi possível a simulação da quantidade de nutrientes que estariam sendo exportados do sistema com a retirada da biomassa.

Também foram analisadas algumas espécies arbóreas nativas relativas à devolução de nutrientes pela queda das folhas na floresta, o que permite conhecer qual a espécie que mais contribui para o retorno de nutrientes para o solo da floresta estudada.

Dentro de um espectro maior, este trabalho faz parte de uma cooperação entre a Universidade Federal de Santa Maria e a Albert-Ludwigs-Universität Freiburg na Alemanha (PROBRAL-Projeto Brasil Alemanha), que visa ao estudo do balanço nutricional e fluxo de elementos na floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Assim o trabalho teve os seguintes objetivos:

- Caracterização física e química do solo e a quantificação do estoque de nutrientes.
- Avaliação da deposição mensal de serapilheira e a quantificação dos nutrientes.
- Avaliação da deposição mensal de folhas de diferentes espécies arbóreas nativas e a quantificação dos nutrientes devolvidos para a floresta, por estas espécies.
- Quantificação da biomassa das árvores acima do solo na floresta.
- Determinação do estoque de nutrientes na biomassa das árvores acima do solo.
- Avaliação da exportação de nutrientes pela colheita da biomassa acima do solo na floresta.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A Floresta Estacional

De acordo com Klein (1984), na Região Sul do Brasil podem ser distinguidas três regiões 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).

Segundo Veloso *et al.* (1991), a Floresta Estacional divide-se em Semidecidual e Decidual. Conforme esses autores o conceito de Semidecidual está condicionado pela dupla estacionalidade climática. Uma é tropical com época de intensas chuvas de verão seguida por estiagens acentuadas e outra subtropical sem período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio do inverno, com temperaturas médias inferiores a 15°C. Os autores comentam ainda que, em tal tipo de vegetação, a percentagem das árvores caducifólias situa-se entre 20 e 50%.

Quanto à vegetação nativa da região da Fralda da Serra Geral no Rio Grande do Sul, onde foi realizado o estudo, era coberta quase que em sua totalidade pela Floresta do tipo Estacional. Com o avanço da ocupação humana, observa-se dentro das molduras da floresta nativa, uma vegetação verde clara, ainda baixa denominada de capoeira, que com idade avançada, depois das sucessões vegetais, irá se assemelhar as condições originais da floresta (Lindman & Ferri, 1974). Nessa região estão árvores fornecedoras de valiosas madeiras, tais como *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. (Louro-pardo), *Cedrela fissilis* Vell. (Cedro), *Myrocarpus frondosus* M. Allemão (Cabreúva), *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr. (Grápia), *Patagonula americana* L. (Guajuvira), *Jacaranda micrantha* Cham. (Caroba), entre outras (Reitz *et al.*, 1988).

Em estudo da vegetação de uma floresta Estacional Decidual no município de Santa Maria (RS), Longhi *et al.* (2000) observaram a ocorrência de 64 espécies arbóreas e arbustivas de 54 gêneros e 31 famílias. As espécies com maior valor de importância foram: *Myrocarpus frondosus*, *Cupania vernalis* Cambess., *Ocotea puberula* (A. Rich.) Nees, *Patagonula americana*, *Casearia sylvestris* Sw., *Luehea divaricata* Mart. et Zucc., *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong e *Helietta apiculata* Benth. Na regeneração, as espécies com maior densidade de indivíduos

foram: *Trichilia elegans* A. Juss., *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez, *Gymnanthes concolor* Spreng., *Piper gaudichaudianum* Kunth, *Cupania vernalis*, *Hybanthus bigibbosus* (A. St.-Hil.) Hassl., *Aiouea saligna* Meisn. e *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. Podemos verificar nesse trabalho, a grande diversidade de espécies que ocorre nesse ecossistema florestal.

## 2.2 A ciclagem de nutrientes

O estudo da ciclagem de nutrientes (ciclo biogeoquímico) desempenha um papel importante no conhecimento das condições e dinâmica dos processos internos dos ecossistemas naturais que auxiliam no entendimento das rápidas mudanças provocadas pela exploração florestal no meio ambiente (Feger & Raspe, 1998).

Na Figura 1 adaptada de Otto (1994), é possível visualizar o esquema das principais entradas e saídas de nutrientes (ciclagem de nutrientes) em um ecossistema terrestre. O conhecimento dessas entradas e saídas de nutrientes é importante para entender a dinâmica nutricional de uma floresta.

Binkley (1986) comenta que a entrada de nutrientes pela atmosfera e intemperismo de rochas são mais importantes a longo prazo no desenvolvimento de solos e ecossistemas, mas a ciclagem interna de nutrientes é a principal forma de liberação de nutrientes para as plantas. As raízes das árvores retiram os minerais das camadas mais profundas do solo (especialmente as árvores decíduas, que possuem um extenso e profundo sistema radicular), armazenando temporariamente em sua biomassa, e finalmente devolvendo os nutrientes pela deposição de material vegetal sobre o solo (Larcher, 2000).

A ciclagem biogeoquímica (solo-planta-solo) de nutrientes, bastante pronunciada em povoamentos florestais após o fechamento de copas, tem efeitos estimulantes sobre o crescimento das raízes finas na superfície do solo, por causa do provimento de um microambiente propício ao seu desenvolvimento e uma fonte rica de nutrientes (Gonçalves & Mello, 2000).

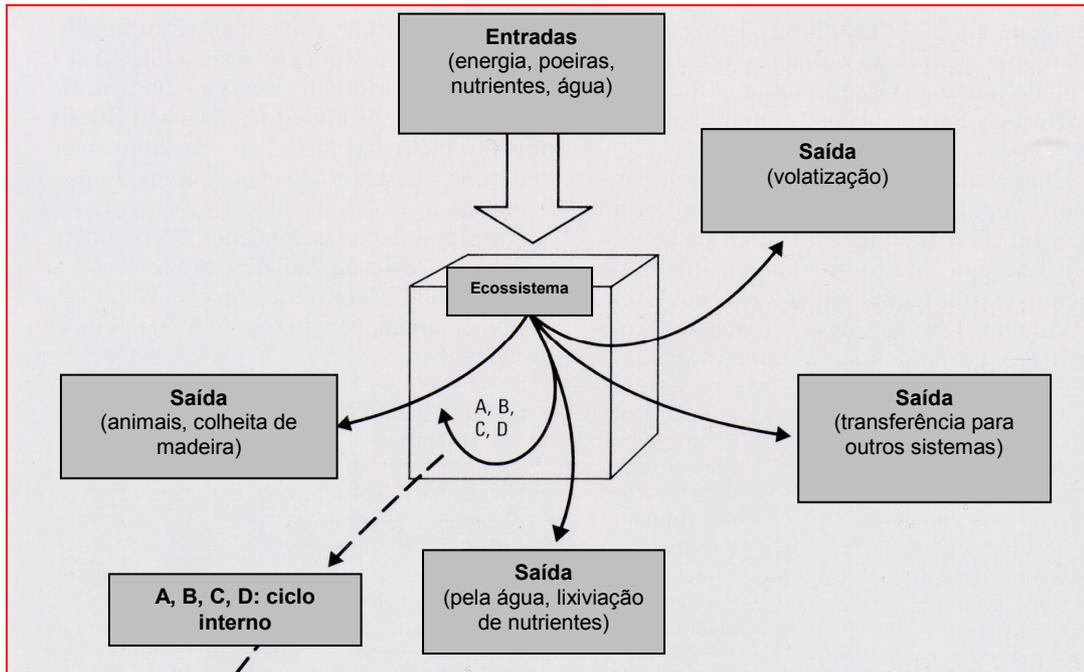


FIGURA 1 – Esquema da ciclagem de nutrientes em um ecossistema terrestre.  
(Fonte: Otto, 1994).

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

Dessa maneira, a quantidade de material vegetal que cai do dossel formando a serapilheira em Florestas Estacionais no Brasil atinge várias toneladas por hectare (Cunha, 1997; Barichello *et al.*, 2000a; König *et al.*, 2002; Vogel *et al.*, 2003; Brun, 2004; Caldeira, 2003).

Reissmann & Wisnewski (2000) ressaltam que a absorção de nutrientes diretamente da serapilheira representa um fluxo importante para atender à demanda nutricional das árvores. O tipo de vegetação e as condições ambientais são os fatores que mais influem na quantidade e qualidade do material que cai no solo (Moreira & Siqueira, 2002).

Assim a serapilheira, em um ecossistema florestal, é responsável pela retenção de grandes quantidades de nutrientes, sendo uma fonte importante de devolução de nutrientes para o solo (Andrae & Krapfenbauer, 1983; Reis & Barros, 1990; Brun *et al.*, 1999; Alberti *et al.* 2000; Schumacher *et al.*, 2002; Toledo *et al.*, 2002; Vogel *et al.*, 2003; Brun, 2004; Caldeira, 2003).

Dessa maneira, a serapilheira constitui uma via importante do ciclo biogeoquímico, especialmente em solos altamente intemperizados, onde a biomassa vegetal é o principal reservatório de nutrientes (Reis & Barros, 1990).

### **2.3 A produção de biomassa**

Em um ecossistema florestal, existe uma grande dinâmica na produção de biomassa. À medida que a floresta se vai desenvolvendo, ocorre uma gradual redução da biomassa da copa das árvores, e simultaneamente verifica-se um aumento na proporção dos componentes madeira e casca (os troncos das árvores geralmente representam em média mais de 80% da biomassa acima do solo em uma floresta madura) (Schumacher & Hoppe, 1997).

A acumulação de biomassa é afetada por fatores ambientais e fatores da própria planta. De acordo com Kramer & Kozlowski (1972), a acumulação de biomassa é influenciada por fatores que afetam a fotossíntese e a respiração. Então, segundo tais autores, os principais fatores são: luz, temperatura, concentração de CO<sub>2</sub> do ar, umidade e fertilidade do solo, e doenças, além dos fatores internos, como: idade, estrutura e disposição das folhas, distribuição e comportamento dos estômatos, teor de clorofila e acumulação de carboidratos.

A estimativa da biomassa de uma floresta nativa pode variar muito com o tipo de floresta e local onde se encontra. Golley *et al.* (1978), em uma Floresta Tropical Úmida no Panamá, constataram realidades bastante diferentes de acordo com o local. No sítio da estação úmida, onde tinha uma densidade maior de árvores, a biomassa acima do solo, foi maior do que no sítio da estação seca.

Em florestas temperadas, como na região de Solling na Alemanha, a estimativa de biomassa acima do solo em uma floresta de *Fagus sylvatica* com 120 anos de idade, chega a 313 Mg ha<sup>-1</sup> (Otto, 1994).

Na Ásia, a biomassa média das florestas tropicais nas regiões Sul e Sudoeste, foram estimadas em aproximadamente 225 Mg ha<sup>-1</sup> (Brown *et al.*, 1991).

No Brasil, em uma Floresta Ombrófila Mista Montana no Paraná, Caldeira (2003) estimou a biomassa acima do solo em 210,4 Mg ha<sup>-1</sup>, das árvores com DAP ≥ 10,0 cm, com a proporção de 75% para a biomassa acima do solo, e 14,4% para as raízes. Já Brun (2004) encontrou na Floresta Estacional Decidual em Santa Tereza-RS uma biomassa total de 186,25 Mg ha<sup>-1</sup>, composta por 77,6% de biomassa acima do solo e 22,4% pelas raízes.

Em relação à quantidade de nutrientes, Golley *et al.* (1978), verificaram no conjunto de florestas tropicais no Panamá, que os elementos mais abundantes na vegetação acima do solo foram o Ca e o K, seguidos do Mg e P.

Schumacher *et al.* (2002) constataram, na biomassa acima do solo de um povoamento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Paraná com 14 anos de idade, que o nutriente mais abundante foi o K, seguido do Ca, N, S, P e Mg.

## **2.4 As implicações ecológicas e silviculturais**

Com a colheita florestal e a conseqüente retirada de nutrientes, logicamente se alteram as condições do ecossistema, e a produtividade no futuro, em especial nas regiões tropicais e subtropicais que dependem exclusivamente do processo de ciclagem de nutrientes (Schumacher & Hoppe, 1997).

Em termos ecológicos e silviculturais, o processo, que menos exportaria nutrientes do sistema, seria aquele em que se colheiria apenas a madeira, deixando os demais componentes (folhas, ponteiros, galhos, casca e raízes) no sítio (Schumacher, 2000; Barichello, 2003). Os demais resíduos (folhas, galhos e serapilheira) devem ficar no campo e se possível distribuídos da forma mais homogênea possível, visando à proteção do solo e a liberação gradativa dos nutrientes. Schumacher (2000) ressalta ainda que após a colheita da floresta, a superfície do solo jamais deve ficar desprotegida, e os resíduos em hipótese alguma devem ser queimados, pois do contrário grandes quantidades de nutrientes serão perdidos por volatilização, lixiviados e erodidos.

As queimadas, especialmente nos trópicos, constituem sérias perturbações no equilíbrio dos nutrientes, visto que aceleram as suas transferências, da biomassa para o solo, para a atmosfera, e para a água dos rios e lagos (Poggiani, 1992).

Após a queima, grandes quantidades de nutrientes do sistema são perdidos. Como exemplo, pode-se citar a região Amazônica (onde as queimadas são uma presença constante). Estima-se que as perdas de nutrientes por volatilização da biomassa vegetal, atinjam valores de 96% de Nitrogênio, 47% de Fósforo, 48% de Potássio, 35% de Cálcio, 40% de Magnésio e 76% de Enxofre, comprometendo assim a sustentabilidade do sistema de produção da agricultura familiar (Hölscher, 1997).

As cinzas obtidas da queima da vegetação são fontes de nutrientes prontamente disponíveis para a cultura utilizada. Essa prática também é conhecida na literatura como “shifting cultivation” (agricultura migratória), sendo utilizada no mundo por, aproximadamente, 300 milhões de pessoas por ano, com uma área estimada de 400 milhões de hectares (Brady, 1996).

Após o cultivo agrícola por dois ou três anos nessas áreas, esta é abandonada, retomando as atividades em outro local. Depois de alguns anos, retornam-se as atividades no local anterior, recomeçando o ciclo novamente. Normalmente essas áreas são abandonadas em média por três anos, o que não é suficiente para manter a produtividade do sistema a longo prazo (Watters, 1971; Hölscher, 1997).

Martins *et al.* (1995) avaliaram os efeitos da queima da manta orgânica sobre a liberação e a lixiviação de nutrientes sob mata nativa secundária (predominância de angico-vermelho), *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Pinus* sp., constatando que a queima aumentou significativamente a concentração de Ca, Mg e K no lixiviado das três coberturas vegetais, sendo esse efeito mais pronunciado na floresta nativa, em consequência da maior concentração desses nutrientes em sua manta orgânica.

Uma avaliação completa da quantidade de nutrientes exportados do sítio por uma plantação florestal deve incluir os seguintes aspectos: concentração de nutrientes em cada componente da biomassa; grau de utilização da biomassa; período de rotação; taxa de produção de biomassa e perdas indiretas pelo sistema de manejo utilizado, tais como remoção da serapilheira, erosão, etc. (Lima, 1996).

Do ponto de vista nutricional, para florestas de *Eucalyptus* de diferentes idades, Schumacher *et al.* (2003) recomendam a colheita da biomassa em povoamentos mais velhos (maior que sete anos), em consequência da tendência verificada de redução nos teores de nutrientes com a idade da floresta. Com isso, a

colheita florestal em idades mais avançadas causará menor exportação de nutrientes por unidade de biomassa.

Em estudos de um sistema de agricultura migratória na região de Ivorá-RS, Barichello *et al.* (2000b), verificaram aumento das quantidades de nutrientes com o aumento da idade da capoeira (de 2 para 5 anos) na biomassa acima do solo, demonstrando a importância de deixar a área em repouso (pousio), ou um período maior.

Quanto à eficiência de utilização dos nutrientes na floresta, ou seja, quantas unidades de biomassa são formadas por unidade de nutriente (quanto maior o valor mais eficiente é a conversão dos nutrientes em biomassa), Brun (2004) verificou em uma Floresta Estacional Decidual no RS, que esta tende a aumentar com a idade da sucessão vegetal, para a maioria dos nutrientes estudados, sobretudo em relação às folhas, o que implica em melhor aproveitamento dos nutrientes pelas árvores de maiores dimensões.

## METODOLOGIA

### 3.1 Caracterização da área de estudo

#### 3.1.1 Área experimental

O trabalho foi realizado em uma fazenda pertencente a Brigada Militar do RS (CETRAPA – Centro de Estudos e Treinamento, Reprodução Animal e Proteção Ambiental) no município de Itaara, estado do Rio Grande do Sul, Brasil. O município de Itaara está localizado na Serra de São Martinho, na região fisiográfica do Planalto Médio. Verifica-se, na Figura 2, a localização do município de Itaara, e da área experimental com as coordenadas médias, no estado do Rio Grande do Sul. A altitude média do local é de 400 m.

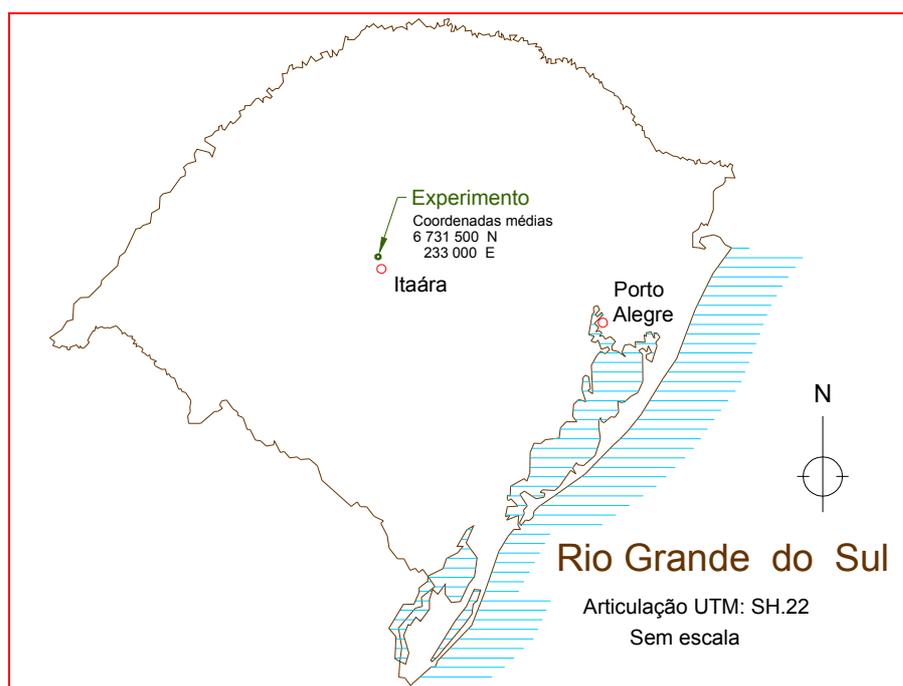


FIGURA 2 – Localização do município de Itaara e da área experimental no Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.

Para a caracterização da área experimental foi elaborada uma carta de uso da terra, pelo programa computacional IDRISI *for Windows* 32, representada na Figura 3. A carta obtida foi em ambiente digital, com a aplicação de técnicas

computacionais que permitiram a classificação digital da imagem de satélite em usos da terra, pela de classificação supervisionada, com a coleta de amostras.

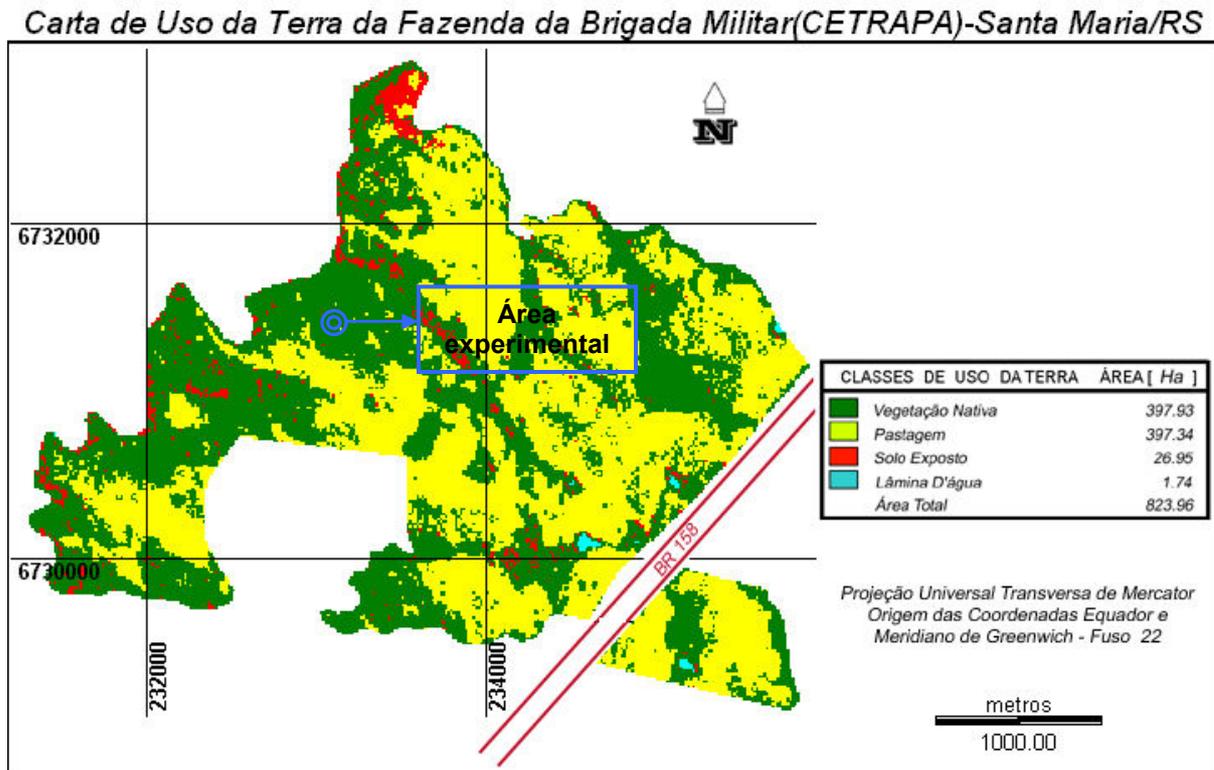


FIGURA 3 – Carta de uso da terra da Fazenda da Brigada Militar em Itaara-RS, Brasil.

Observa-se por meio dessa carta, a distribuição da vegetação na fazenda da Brigada Militar, onde em torno de 400 hectares são áreas de vegetação nativa (florestas nativas e capoeiras), com aproximadamente 400 hectares de pastagem. A pecuária é a principal atividade exercida nessa fazenda. Observa-se também que em torno de 27 hectares são de solo exposto, ou seja, sem vegetação.

No círculo colorido, está indicado o local da área experimental na floresta onde foram coletadas as amostras.

### 3.1.2 Clima

Segundo a classificação climática de Köppen, o Rio Grande do Sul se enquadra na zona temperada e no tipo temperado úmido. A região em que o município de Itaara está inserido apresenta a variedade climática Cfa, caracterizada pela ocorrência de chuvas durante todos os meses do ano, possuindo a temperatura

média do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio entre 18 e -3°C, com precipitações variando entre 1.700 e 1.800 milímetros anuais (Moreno, 1961).

### 3.1.3 Solo

O solo da região é caracterizado como Neosolo Litólico eutrófico típico (Streck *et al.*, 2002). O material de origem é a rocha basáltica. O solo do local do estudo é bastante raso, ficando em torno de 35 cm de profundidade.

### 3.1.4 Vegetação arbórea

De acordo com o inventário realizado na floresta do estudo, foram encontradas com maior frequência as espécies arbóreas: *Allophylus edulis* (A. St.-Hil. *et al.*) Radlk, *Caliandra tweediei* Benth., *Cupania vernalis* Cambess., *Dalbergia frutescens* (Vell.) Britton, *Eugenia hyemalis* Cambess., *Helietta apiculata* Benth., *Lithraea brasiliensis* Marchand, *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl., *Luhea divaricata* Mart. et Zucc., *Matayba eleagnoides* Radlk., *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez, *Ocotea puberula* (A. Rich.) Ness, *Ocotea pulchella* Mart., *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, *Patagonula americana* L., *Quillaja brasiliensis* (A. St.-Hill. et Tul.) Mart., *Sebastiania brasiliensis* Spreng. e *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L. B. Sm. et Downs, entre outras.

Pressupõe-se que a floresta do estudo tenha uma idade em torno de 70 anos, de acordo com as características estruturais da floresta.

No local, há também indícios de que, no passado, a área já foi explorada (cepas queimadas e cepas ramificadas).

## 3.2 Amostragem

### 3.2.1 Solo

Para coleta das amostras de solo, foram abertas oito trincheiras, de aproximadamente 20 cm de largura cada, distribuídas em duas áreas (Área 1 e Área 2). Na Figura 4, é possível visualizar o aspecto de uma dessas trincheiras. Pode-se

verificar, nessa Figura, que o solo do local é bastante raso, ficando em torno de 35 cm de profundidade.

Nessas trincheiras, foram coletadas amostras de solo para análise física e química, a cada 10 cm de profundidade. As amostras para a análise física, para determinação da densidade do solo, foram coletadas por meio do Anel de *Kopeck*. Junto com as amostras de densidade, foram coletadas amostras de solo para as análises químicas (N, P, K, Ca, Mg e S disponíveis e micronutrientes). Essas análises foram realizadas no Laboratório Central de Análises de Solo do Departamento de Solos da UFSM, de acordo com a metodologia de Tedesco *et al.* (1995).

O solo foi coletado no momento da coleta de biomassa.



FIGURA 4 – Aspecto de uma trincheira para coleta de solo da área experimental. Itaara-RS, Brasil.

Foram também determinados os teores totais de N, P, K, Ca, Mg e S no solo, no Laboratório do Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre da Albert-Ludwigs-Universität Freiburg na Alemanha. O N foi obtido por cromatografia gasosa em Analisador CNS da Carlo Erba NA 1500. Os teores totais de P, K, Ca, Mg

e S no solo, foram determinados por digestão em solução HF em microondas (sistema fechado).

### 3.2.2 Serapilheira depositada

Para a coleta de serapilheira depositada, foram demarcadas seis parcelas de 25 m x 17 m cada, alocadas no interior da floresta. Em cada parcela, foram distribuídos cinco coletores, totalizando assim trinta coletores (Figura 5). Estes são constituídos por uma moldura de ferro de forma circular, com 50 cm de diâmetro, fixados no local, com uma altura de um metro partindo do solo. Em cada coletor, prendeu-se uma tela de sombrite (2 mm) com 50 cm de comprimento.



FIGURA 5 – Aspecto de um dos coletores de serapilheira utilizado. Itaara-RS, Brasil.

As coletas de serapilheira foram realizadas mensalmente, durante um período de 24 meses (de dezembro de 2002 a novembro de 2004). O material coletado foi devidamente identificado, acondicionado e levado até o Laboratório de Ecologia Florestal, do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde este foi separado nas frações, folhas, galhos finos (< 1 cm) e miscelânea (flores, frutos, sementes e restos vegetais não-identificáveis).

Após a separação da serapilheira, as folhas foram separadas por espécie, sendo possível a identificação de sete espécies arbóreas nativas:

- *Ocotea puberula* (A. Rich.) Nees (Canela-guaicá);
- *Ocotea pulchella* Mart. (Canela-lageana);
- *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez (Canela-preta);
- *Matayba elaeagnoides* Radlk. (Camboatá-branco);
- *Cupania vernalis* Cambess. (Camboatá-vermelho);
- *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (angico-vermelho);
- *Schinus molle* L. (Aroeira-piriquita).

Para a separação das folhas dessas espécies arbóreas, levaram-se em consideração a quantidade de folhas e a frequência de ocorrências destas nos coletores.

Após a separação, o material foi colocado em estufa a 75°C até atingir peso constante. Na seqüência, o material foi moído em moinho do tipo Willey para realização das análises químicas. Foram determinados os teores totais de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe e Mn. O Nitrogênio foi medido por cromatografia gasosa em Analisador CNS da Carlo Erba NA 1500. Os teores totais de P, K, Ca, Mg, S, Fe e Mn, foram determinados em aparelho ICP (Inductiv Coppled Plasma). A metodologia utilizada foi a digestão em ácido nítrico e perclórico, em sistema fechado com microondas. As análises foram realizadas no Laboratório do Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre da Albert-Ludwigs-Universität Freiburg na Alemanha.

### 3.2.3 Biomassa acima do solo

Inicialmente foi realizado um inventário florestal da área do estudo. Para tal, foram demarcadas 12 parcelas de 10 x 10 m cada, medido-se todos os DAPs (diâmetro a altura do peito) das árvores com CAP (circunferência a altura do peito)  $\geq$  10,0 cm, e todas as alturas dos indivíduos e a identificação das espécies arbóreas.

De acordo com as informações obtidas desse inventário, foram determinadas cinco classes de diâmetro, de maneira a abranger a maior variação possível do povoamento. O intervalo de classe foi obtido pela fórmula  $h=H/K$  em que: H = amplitude total (DAPmáximo - DAPmínimo) e K = número de classes, com intervalo de classe igual a 10,36 cm.

No total, foram abatidas vinte árvores, distribuídas dentro das classes de diâmetros da seguinte forma:

Classe (cm)	Número de árvores
3,2-13,5	11
13,6-23,9	4
24,0-33,6	3
33,7-44,6	1
44,7-55,0	1

As árvores foram cortadas, independente de classe, com o uso de motosserra (Figura 6). Antes da determinação de sua biomassa, cada árvore foi cubada rigorosamente conforme o método de Smalian, obtendo-se os DAPs e as alturas totais e dos troncos. O tronco, até a primeira bifurcação de galhos grossos, foi considerado como madeira do fuste, sendo então o restante considerado como galhos.

Após a cubagem, as árvores foram separadas nas frações, madeira do fuste, casca do fuste, galhos e folhas (Figura 7).



FIGURA 6 – Aspecto do corte de uma das árvores na Floresta Estacional Decidual. Itaara-RS, Brasil.



FIGURA 7 – Aspecto da separação das folhas dos galhos de uma árvore *Parapiptadenia rigida* (Angico-vermelho) na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Na seqüência cada componente da árvore foi separado e pesado na sua totalidade, utilizando-se uma balança de gancho (Figura 8). Para as amostras de madeira do fuste e casca, foram retirados três discos do tronco, a 0,10 m da altura do fuste, na metade da altura do fuste e no final da altura do fuste (Figura 9). Nesses discos, foi separada a casca da madeira, estimando-se assim a quantidade de casca de todo o fuste. A estimativa da biomassa de cada componente das árvores de cada uma das parcelas foi obtida pelo uso da equação  $\log y = b_0 + b_1 \cdot \log DAP$ , (em que:  $\log y$  = logaritmo do componente;  $b_0$  e  $b_1$  = coeficientes da equação,  $\log DAP$  = logaritmo do diâmetro da árvore a 1,30 m de altura).

Para determinação da umidade e análise química dos nutrientes em laboratório, em cada componente, foi retirados uma amostra de aproximadamente 300g, utilizando-se uma balança digital de 1g de precisão (Figura 10). Essas amostras foram secas em estufa a 75°C até atingir peso constante. Na seqüência, o material foi moído em moinho do tipo Willey para realização das análises químicas. Foram determinados os teores totais de N, P, K, Ca, Mg e S conforme a metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995). Essas análises foram realizadas no Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da UFSM.

O estoque de nutrientes na biomassa, para cada componente foi obtido com base na biomassa seca estimada, multiplicada pelo teor de nutrientes.

As coletas de biomassa foram obtidas no período de maio a julho de 2005.



FIGURA 8 – Aspecto da pesagem com balança de gancho do componente galhos na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.



FIGURA 9 – Aspecto da retirada de disco de madeira com casca do fuste de uma árvore na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.



FIGURA 10 – Aspecto da pesagem de amostra de madeira do fuste para análise química na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Distribuição diamétrica

A seleção das árvores para a determinação da biomassa foi em razão dos diâmetros obtidos pelo inventário. Considerando-se as 12 parcelas do inventário, foram medidas um total de 506 árvores com CAP (circunferência a altura do peito)  $\geq$  10 cm. Os diâmetros foram distribuídas em cinco classes, visualizados na Tabela 1. Nessa Tabela, verifica-se o número de árvores por hectare por classe de diâmetro, em que se constata que o maior número de árvores está na menor classe (3,2-13,5) com 83,6% destas, com apenas 0,4% dos indivíduos na maior classe, o que é típico de florestas inequiâneas (comportamento exponencial inverso).

TABELA 1 – Classes de diâmetro e frequência de árvores encontradas na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Intervalo de Classe (cm)	Centro de Classe	Frequência ha <sup>-1</sup>	Árvores amostradas	%
3,2-13,5	8,35	3525	11	83,6
13,6-23,9	18,75	541,7	4	12,8
24,0-33,6	28,8	100,0	3	2,4
33,7-44,6	39,15	33,3	1	0,8
44,7-55,0	49,85	16,7	1	0,4
3,2-55,0	25,9	4216,7	20	100,0

Após a distribuição diamétrica, foram abatidas e amostradas vinte árvores. Em consequência do número de árvores reduzido nas classes de maiores diâmetros, foi abatida somente uma árvore por classe.

### 4.2 Características dendrométricas

Na Tabela 2, é possível verificar as características dendrométrica das árvores abatidas no estudo. Pode-se observar, nessa Tabela, que as árvores de maiores diâmetros, nas maiores classes, são as que possuem as menores alturas comerciais

(altura do fuste), acarretando em grandes proporções de biomassa de galhos, na determinação da biomassa.

TABELA 2 – Características dendrométricas das árvores abatidas por classe de diâmetro na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

IC <sup>1</sup> (cm)	N	Espécie	DAP <sup>2</sup> (cm)	HT <sup>3</sup> (m)	HC <sup>4</sup> (m)
3,18-13,5	1	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	6,8	9,8	7,0
	2	<i>Helietta apiculata</i> Benth.	4,7	7,5	3,6
	3	<i>Eugenia rostrifolia</i> D. Legrand	3,4	5,9	3,3
	4	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	6,1	7,4	3,9
	5	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	6,0	10,8	7,8
	6	<i>Lonchocarpus nitidus</i> (Vogel) Bent.	3,7	6,1	3,5
	7	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	4,7	10,7	4,3
	8	<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	7,0	10,1	6,8
	9	<i>Luehea divaricata</i> Mart. et Zucc.	8,7	9,7	7,6
	10	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Radlk.	6,1	7,9	5,4
	11	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	12,5	10,3	5,7
13,6-23,9	1	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	15,3	13,6	8,9
	2	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	17,6	14,7	6,1
	3	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	18,5	11	5,5
	4	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br.	21,5	13,7	7,8
24-33,6	1	<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	32,0	16,5	5,5
	2	<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	28,9	16,7	3,3
	3	<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	24,5	15,5	6,9
33,7-44,6	1	<i>Ocotea puberula</i> (A. Rich.) Nees.	42,3	19,4	5,6
44,7-55	1	<i>Prunus sellowii</i> Koehne	47,0	18,4	4,5

Sendo: IC<sup>1</sup> = Intervalo de classe; DAP<sup>2</sup> = Diâmetro a altura do peito; HT<sup>3</sup> = Altura total; HC<sup>4</sup> = Altura comercial.

Em uma floresta nativa, é comum a ocorrência de árvores com grande proporção de copas e pequena altura de fuste como, por exemplo, a espécie *Prunus sellowii*, com 18,4 metros de altura total e 4,5 metros de altura de fuste (Tabela 2).

### 4.3 Biomassa acima do solo

#### 4.3.1 Biomassa das árvores

A biomassa acima do solo, apresentada nesse estudo, refere-se às árvores em pé com seus componentes: madeira do fuste, casca do fuste, galhos e folhas. Não foram considerados nesse estudo as lianas e as árvores mortas. Na Tabela 3, estão os valores médios da biomassa total das árvores abatidas por classe de diâmetro. Observa-se que a maior biomassa se encontra nas maiores classes.

TABELA 3 – Biomassa total média por classe de diâmetro na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

<b>Classe (cm)</b>	<b>Média (kg/árvore)</b>	<b>Desvio</b>	<b>CV (%)</b>
3,2-13,5	11,8	10,6	89,5
13,6-23,9	163,8	55,7	34,0
24,0-33,6	458,8	222,0	48,4
33,7-44,6	1258,4*	-	-
44,7-55,0	1347,8*	-	-

\* Dado referente a uma árvore

Na Figura 11 está representada a percentagem da biomassa da madeira do fuste com casca por classe de diâmetro. Nota-se, nessa Figura, que a maior biomassa de madeira do fuste com casca está na segunda classe (43,6%), com 6,3% na última classe. Esses resultados nos fornecem parâmetros para no caso de uma extração de madeira na floresta em razão do diâmetro aproveitável, o que normalmente ocorre no manejo sustentado de uma floresta. Se for aproveitados por exemplo, a madeira do fuste com diâmetro acima de 25 cm, será retirada somente 29,5% da madeira do fuste com casca, permanecendo 70,5% da madeira na floresta.

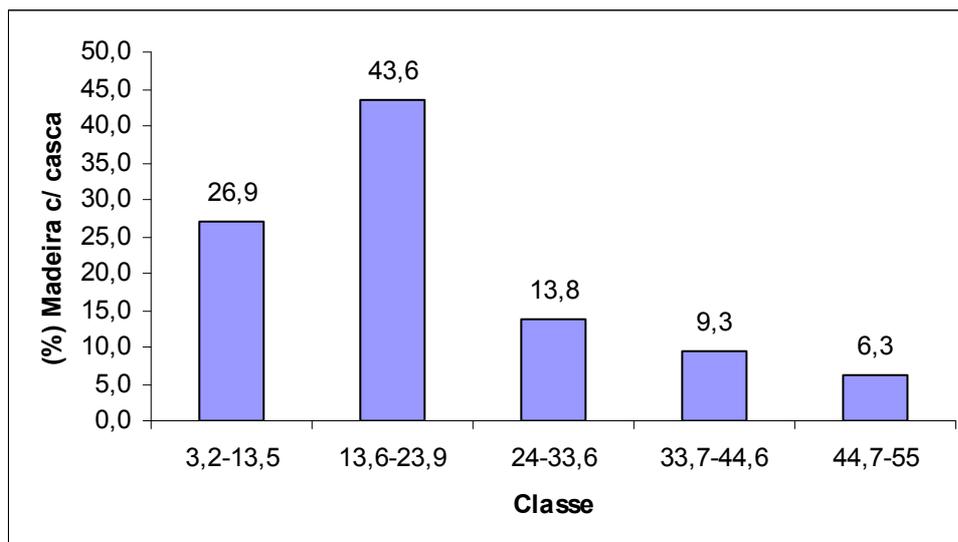


FIGURA 11 – Percentagem de madeira em razão das classes de diâmetro na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

De posse dos valores obtidos da determinação da biomassa por classe de diâmetro, com o uso do modelo descrito na Metodologia, foi estimada a biomassa seca por hectare dos diferentes componentes das árvores da floresta estudada, visualizados na Figura 12.

Na Figura 12, são apresentados os coeficientes da equação para cada componente e seus respectivos coeficientes de determinação ajustados e o erro-padrão da estimativa em percentagem. Nota-se, nessa Figura, que foi obtido um ajuste satisfatório na estimativa da biomassa acima do solo para os componentes estudados. Isso pode ser constatado pelos altos valores do coeficiente de determinação ajustados e os baixos erros-padrão percentual da estimativa.

A equação utilizada nesse trabalho, já apresentou boa estimativa para florestas plantadas, em vários estudos de biomassa com Acácia-negra, Eucalipto e Pinus, (Barichello, 2003; Schumacher *et al.*, 2003), o que também foi verificado nesse estudo, dentro das condições observadas.

Conforme Schneider (1997), a equação a ser utilizada deve ser a que contenha o maior coeficiente de determinação ajustado e o menor erro-padrão em percentagem.

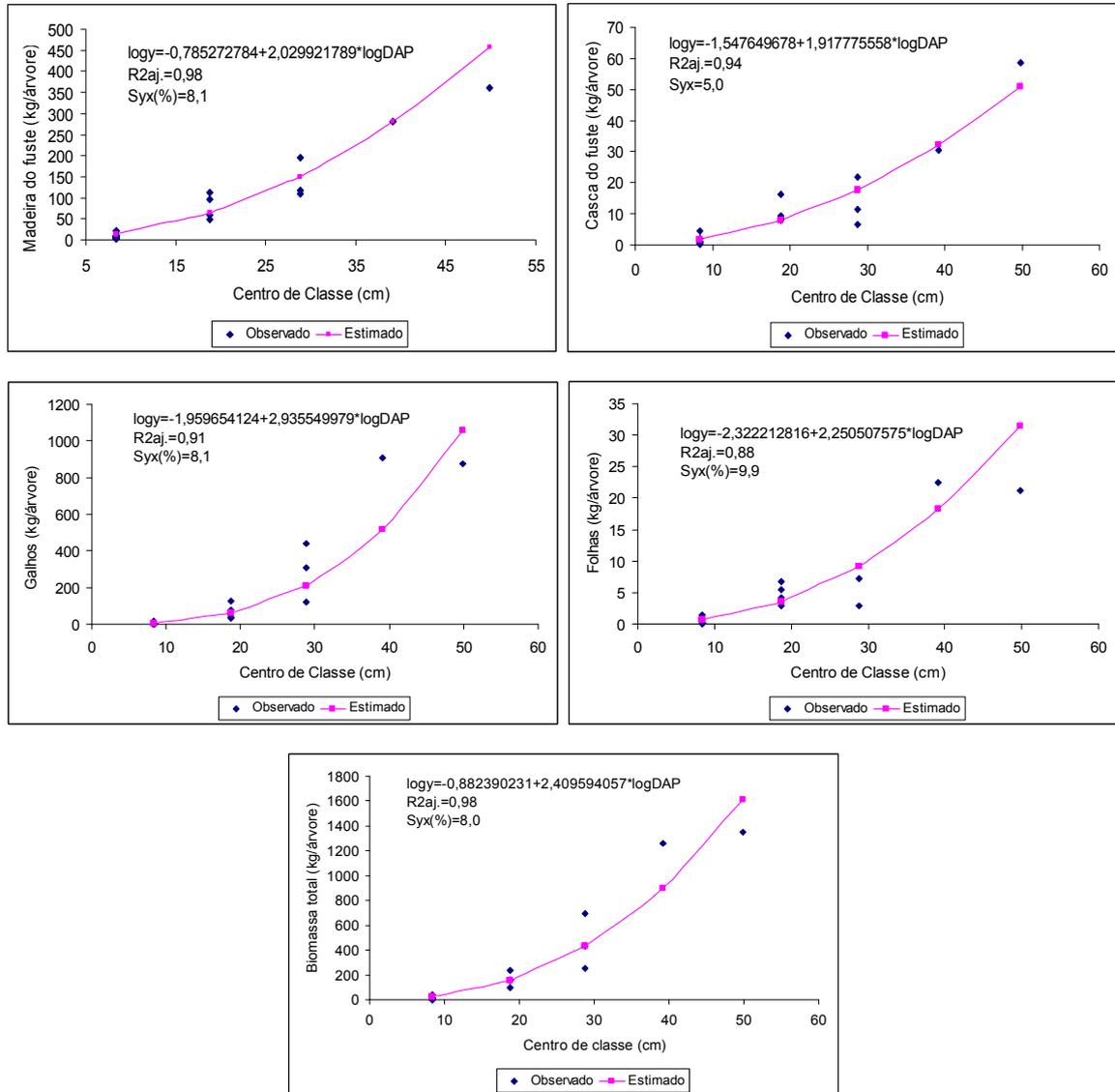


FIGURA 12 – Representação gráfica da estimativa dos componentes da biomassa acima do solo na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Na Tabela 4, estão apresentados as estimativas de biomassa acima do solo para cada componente das árvores, por parcela medida no inventário, em que se pode notar que os valores do coeficiente de variação dos componentes estimados são elevados, sobretudo para o componente galhos. A alta variação encontrada dos valores estimados deve-se ao fato de que as florestas nativas possuem grande heterogeneidade de espécies, de tamanho, de densidade da madeira, sendo comum encontrar árvores tortas, com fuste pequeno e grande dimensão de copa, o que se reflete em grande variação na determinação da biomassa.

TABELA 4 – Biomassa estimada por parcela para cada componente das árvores da Floresta Estacional Decidual em Itaara- RS, Brasil.

Parcela	Componente (Mg ha <sup>-1</sup> )				
	Madeira do fuste	Casca do fuste	Folhas	Galhos	Biomassa Total
1	35,3	4,6	1,8	29,2	70,9
2	126,2	15,0	7,8	206,0	354,9
3	162,5	19,3	10,1	280,8	472,7
4	87,8	11,3	4,8	85,7	189,6
5	115,9	14,5	6,4	125,6	262,5
6	54,6	6,7	3,1	66,1	130,5
7	105,9	13,5	5,6	93,2	218,2
8	79,6	10,3	4,1	62,4	156,5
9	110,0	14,1	5,8	99,1	229,0
10	59,8	7,9	3,0	38,6	109,3
11	89,2	11,4	4,7	79,6	184,9
12	65,0	8,2	4,3	63,0	140,5
<b>Média</b>	<b>91,0</b>	<b>11,4</b>	<b>5,1</b>	<b>102,4</b>	<b>210,0</b>
%	43,4	5,4	2,4	48,8	100
Desvio	35,4	4,1	2,2	69,5	111,9
CV (%)*	38,9	36,3	43,9	67,8	53,3

\* Coeficiente de variação

Observa-se, na Tabela 4, que a produção total de biomassa acima do solo foi de 210,0 Mg ha<sup>-1</sup>. Nessa estimativa, os galhos corresponderam a 48,8% da biomassa acima do solo, seguido da madeira do fuste com 43%, 5,4% para a casca do fuste e 2,4% para as folhas. Assim ficou estabelecida a seguinte ordem de quantidade: galhos > madeira do fuste > casca do fuste > folhas.

Uma das dificuldades encontradas nos estudos de biomassa em florestas nativas é estabelecer o ponto do fuste, partindo do qual ele deve ser considerado como galho. Nesse estudo, a biomassa do componente madeira do fuste foi estabelecido até o ponto em que ocorre a primeira bifurcação do tronco, sendo então o restante considerado madeira de galhos. Essa metodologia gera, muitas vezes,

pequenas alturas do fuste com uma grande proporção de galhos, acarretando em valores elevados da biomassa dos galhos.

Brun (2004) encontrou em uma Floresta Estacional Decidual Secundária com cerca de 53 anos, em Santa Tereza-RS, uma biomassa acima do solo de 157,6 Mg ha<sup>-1</sup> (incluindo extrato arbustivo, herbáceo e lianas), sendo essa formada a maior parte pela madeira do fuste (52,41%) seguido pelos galhos (28,4%). Ainda conforme esse autor, a biomassa das parcelas variou de 82,7 Mg ha<sup>-1</sup> a 232,5 Mg ha<sup>-1</sup>, indicando a alta variabilidade da estimativa nas parcelas, fato esse também observado no presente estudo (Tabela 4).

Golley *et al.* (1978), em uma Floresta Tropical Úmida no Panamá, constataram realidades bastante diferentes de acordo com o local, uma vez que o sítio para a estação úmida, tinha também uma densidade maior de árvores. Assim a biomassa acima do solo foi de 367,9 Mg ha<sup>-1</sup> para o sítio da estação úmida e 263,5 Mg ha<sup>-1</sup> para o sítio da estação seca.

Já em uma Floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro no Paraná, Caldeira (2003) estimou uma biomassa total acima do solo das árvores com DAP ≥ 10 cm, de 210,4 Mg ha<sup>-1</sup>, assim distribuída: galhos (45,3%) > madeira do fuste (41,1%) > casca (10,3%) > folhas (2,4%).

A quantificação da biomassa em florestas nativas é influenciada pelo sítio, tipo de floresta, aspectos fenológicos, entre outros. O método de amostragem também pode interferir nos resultados, pois ocorre grande variação de biomassa entre as parcelas, como o verificado nesse estudo.

#### 4.3.2 Nutrientes nas árvores

A concentração dos nutrientes pode variar bastante entre os diferentes componentes da biomassa, como pode ser visto na Tabela 5. Em geral, a folha é o componente que apresenta os maiores teores de N, P, K, Mg e S, exceto o Ca (esse nutriente tem o maior teor na casca).

Quanto ao N, foi encontrado o maior teor nas folhas, seguido da casca do fuste, com o menor teor na madeira do fuste (Tabela 5). No Anexo 1, encontram-se os teores de N, P, K, Ca, Mg e S, nos componentes por árvore amostrada.

TABELA 5 – Teores de macronutrientes na biomassa acima do solo nos componentes das árvores, na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Componente	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg <sup>-1</sup>					
Madeira do fuste	3,1	0,2	2,6	3,7	1,2	0,9
Casca do fuste	12,5	0,5	4,6	24,9	2,7	1,3
Galhos	9,4	0,5	5,4	12,1	2,1	1,6
Folhas	24,2	1,2	16,6	12,4	6,4	3,4

Os altos teores de nutrientes presentes nas folhas justificam-se pela sua elevada atividade metabólica, ao passo que os tecidos que desempenham funções mais estruturais, de sustentação da planta, geralmente apresentam teores mais baixos de nutrientes (Schumacher *et al.*, 2003), como é o caso da madeira do fuste e dos galhos. A madeira do fuste foi o componente que apresentou os menores teores de nutrientes na biomassa acima do solo, em relação aos demais (Tabela 5).

Marschner (1995) aponta que os teores médios de 15 g kg<sup>-1</sup> para o N, 2 g kg<sup>-1</sup> para o P, 10 g kg<sup>-1</sup> para o K, 5 g kg<sup>-1</sup> para o Ca, 2 g kg<sup>-1</sup> para o Mg e 1 g kg<sup>-1</sup> para o S, estão dentro das faixas adequadas para as plantas superiores.

Em termos de comparação, Brun (2004) encontrou, na biomassa acima do solo na floresta secundária Estacional Decidual em Santa Tereza-RS, teores médios de 17 g kg<sup>-1</sup> de N, 0,9 g kg<sup>-1</sup> de P, 12,2 g kg<sup>-1</sup> de K, 19,9 g kg<sup>-1</sup> de Ca, 2,8 g kg<sup>-1</sup> de Mg e 1,0 g kg<sup>-1</sup> de S.

Quanto ao estoque de nutrientes, a Tabela 6 mostra as quantidades de nutrientes nos componentes das árvores da floresta em Itaara. Pode-se observar, nessa Tabela, que galhos foi o componente que mais estocou nutrientes em sua biomassa, com mais de 55% do N, P, K, Ca, Mg e S. Os galhos e a madeira do fuste, em virtude da maior biomassa acumulada e, no caso galhos, teores também significativos constituíram as principais frações em armazenamento de nutrientes na biomassa das árvores acima do solo.

TABELA 6 – Estoque de macronutrientes na biomassa acima do solo das árvores e sua participação relativa por componente, na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Componente	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----					
Madeira do fuste	281,1	17,2	233,9	338,0	107,1	80,8
Casca do fuste	143,0	5,9	52,4	283,8	30,5	14,9
Galhos	967,5	50,9	555,3	1243,6	215,8	161,9
Folhas	123,5	6,0	84,9	63,1	32,5	17,1
Biomassa total	1515,1	80,1	926,5	1928,5	385,8	274,7
	----- % -----					
	-					
Madeira do fuste	18,6	21,5	25,2	17,5	27,7	29,4
Casca do fuste	9,4	7,3	5,7	14,7	7,9	5,4
Galhos	63,9	63,6	59,9	64,5	55,9	58,9
Folhas	8,2	7,5	9,2	3,3	8,4	6,2
Biomassa total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

O nutriente com maior estoque na biomassa acima do solo das árvores foi o Ca, seguido do N, fornecendo-nos a seguinte ordem de quantidade: Ca > N > K > Mg > S > P.

Nesse sentido, a ordem do estoque de macronutrientes dos componentes analisados ficou assim estabelecida: galhos > madeira do fuste > casca do fuste > folhas.

Brun (2004), encontrou na biomassa acima do solo na floresta secundária Estacional Decidual em Santa Tereza-RS, um estoque de 1531,5 kg ha<sup>-1</sup> de N, 94,0 kg ha<sup>-1</sup> de P, 1005,7 kg ha<sup>-1</sup> de K, 2443,3 kg ha<sup>-1</sup> de Ca, 288,8 kg ha<sup>-1</sup> de Mg e 114,7 kg ha<sup>-1</sup> de S; valores estes relativamente próximos aos encontrados nesse estudo.

Em florestas Tropicais no Panamá, Golley *et al.* (1978) verificaram que os elementos mais abundantes na vegetação acima do solo foram o Ca e o K, seguidos do Mg e P.

Em uma floresta nativa são inúmeros os fatores que afetam a produção de biomassa e a concentração de nutrientes. O material de origem do solo, e sua

profundidade, o clima, a alta biodiversidade das espécies, são alguns dos fatores que mais influem na produção. Também se deve levar em conta as entradas de nutrientes provenientes das precipitações, poeiras e outros fatores, que incidem diretamente na floresta.

No local, há também indícios de que, no passado, a área já foi utilizada para cultivo agrícola e aproveitamento de madeira (cepas queimadas e rebrota de cepas).

Também na região, são comuns e freqüentes as queimadas de campos nativos no período do inverno, para renovar a pastagem. Essas queimadas liberam nutrientes por volatilização que retornam para a floresta em parte com as águas das chuvas.

#### **4.4 Serapilheira**

##### **4.4.1 Produção de serapilheira**

Na Tabela 7, pode-se verificar a deposição total de serapilheira e seus componentes nos 24 meses de coleta. Ao longo desse período, a deposição total de serapilheira foi de 14871,9 kg ha<sup>-1</sup> com uma média anual de 7436,0 kg ha<sup>-1</sup> depositados sobre o solo.

Observa-se, na Tabela 7, que no segundo ano de coleta, a deposição de serapilheira foi menor do que no primeiro ano. Já a deposição de galhos finos e miscelânea manteve-se mais ou menos constante nos dois anos de observação.

Nota-se, na Tabela 7, que a média anual da distribuição relativa da serapilheira depositada foi de: folhas com 71,7%, galhos finos com 16,5%, e miscelânea com 11,8%. A deposição média anual de folhas nesse trabalho esteve dentro do intervalo observado na literatura para Florestas Estacionais no Sul do Brasil, conforme os dados de alguns trabalhos citados a seguir.

König *et al.* (2002) encontraram uma deposição anual de serapilheira de 9,2 Mg ha<sup>-1</sup>, sendo composta de 67,8% de folhas, 19,3% de galhos finos e 12,9% de miscelânea.

Cunha (1997), na região de Vale Vênето-RS (Floresta Estacional Decidual), constatou uma deposição média anual de serapilheira na capoeira (com 13 anos de idade) de 5,8 Mg ha<sup>-1</sup> com 73% de folhas, no capoeirão (19 anos) de 8,0 Mg ha<sup>-1</sup>

com 65% de folhas, e na floresta secundária (mais de 30 anos) de 9,5 Mg ha<sup>-1</sup> com 65% de folheto.

TABELA 7 – Serapilheira depositada ao longo dos dois anos de estudo na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

	Primeiro Ano (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )			
	Folhas	Galhos finos	Miscelânea	Serapilheira
Total	6252,4	1283,2	871,0	8406,6
Média mensal	521,0	106,9	72,6	700,5
Desvio	186,7	71,5	57,6	246,4
CV (%)	35,8	66,8	79,3	35,2
(%)	74,4	15,3	10,4	100
	Segundo Ano (kg ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )			
	Folhas	Galhos finos	Miscelânea	Serapilheira
Total	4410,7	1165,6	889,1	6465,3
Média mensal	367,6	97,1	74,1	538,8
Desvio	126,3	81,3	48,4	155,2
CV (%)	34,4	83,7	65,3	28,8
(%)	68,2	18,0	13,8	100
	Média anual (kg ha <sup>-1</sup> )			
	Folhas	Galhos finos	Miscelânea	Serapilheira
Média anual	5331,5	1224,4	880,1	7436,0
(%)	71,7	16,5	11,8	100

Brun *et al.* (1999), em três estágios sucessionais (Capoeirão, floresta Secundária e floresta Madura) em uma Floresta Estacional Decidual, no município de Santa Tereza, registraram uma queda de serapilheira no primeiro ano de estudo de 9,7 Mg ha<sup>-1</sup> na floresta Madura, e na floresta Secundária e no Capoeirão, de 7,4 e 6,6 Mg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Na floresta Madura, a fração folhas representou 65,6% do total da serapilheira coletada, enquanto que, na floresta secundária e no capoeirão, essa fração representou 69,7% e 70,8% respectivamente.

Em uma revisão de âmbito mundial, (Bray & Gorham, 1964) concluíram que, nas diferentes zonas macroecológicas, de um modo geral, as serapilheiras

amostradas em diferentes florestas do mundo são compostas de 60 a 80% por folhas, de 1 a 15% por frutos, de 12 a 15% por ramos e de 1 a 25% por cascas de árvores.

Quanto à variabilidade das frações, pode-se verificar altos valores do coeficiente de variação, sobretudo para as frações galhos finos e miscelânea. Talvez para as frações galhos finos seja necessário um número maior de coletores, ou uma área maior de coleta por coletor. Essa alta variabilidade para os galhos finos também foi observados por Figueiredo Filho *et al.* (2003).

No local dos coletores, ocorre com freqüência a derrubada de árvores mortas e galhos grossos, típico de uma floresta que se encontra em sucessão. Outro fato significativo é o período de floração de algumas espécies, pois se notou em alguns meses de coleta, por exemplo, a ocorrência de pequenas flores brancas e sementes em abundância.

Notou-se também grande incidência de inseto “serrador”, ocasionando freqüente queda de galhos, especialmente nas Canelas-pretas (*Nectandra megapotamica*).

#### 4.4.2 Sazonalidade da serapilheira

Na Figura 13, é possível observar a sazonalidade da deposição de serapilheira ao longo dos 24 meses de coleta.

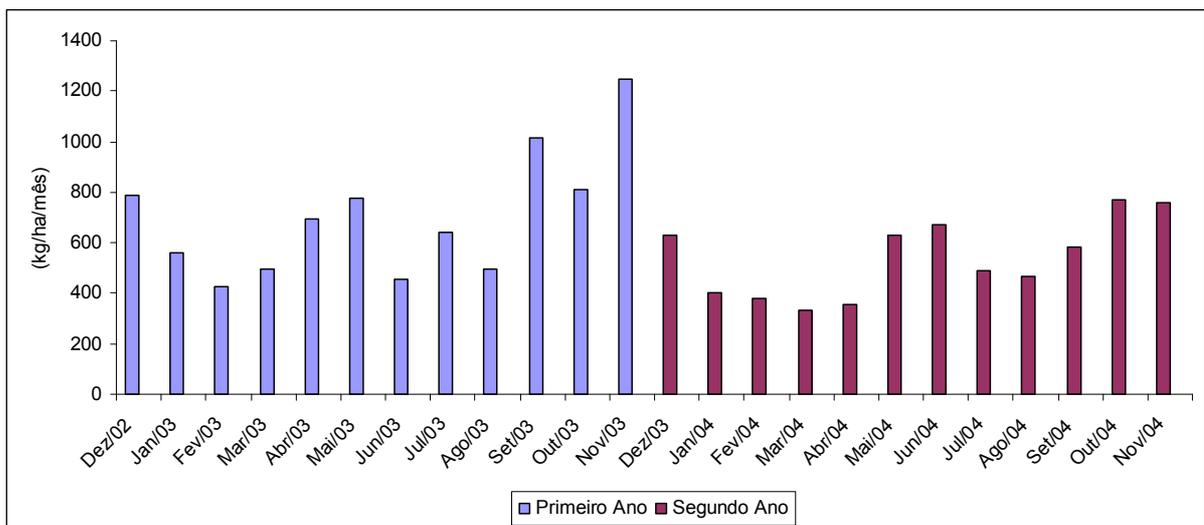


FIGURA 13 – Sazonalidade da serapilheira ao longo dos 24 meses de coleta na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Observa-se, na Figura 13, que no primeiro ano de coleta, houve grande deposição de serapilheira no início do inverno e sobretudo no início da primavera, com pico de deposição no mês de novembro. No segundo ano, apesar da menor deposição mensal, essa tendência se manteve mais ou menos constante, indicando um padrão sazonal de deposição de serapilheira nessa floresta.

Em estudo realizado, König *et al.* (2002) também em Floresta Estacional Decidual próximo ao município de Santa Maria-RS, verificaram que os maiores picos de deposição da serapilheira ocorreram entre os meses de julho e setembro, com maior queda de folhas em setembro, quando se inicia o período de elevação da temperatura. Os autores ressaltam ainda que tal estratégia é característica das Florestas Estacionais Deciduais do Sul do Brasil, onde uma estagnação do crescimento provocada pelo inverno faz com que ocorra a eliminação da folhagem senescente, visando ao novo período de crescimento que se inicia na primavera com o aparecimento de nova folhagem.

Cunha (1997) observou que os meses de maior derrubada de serapilheira foram outubro e maio na floresta Estacional Decidual na região de Vale Vêneto-RS. De acordo com esse autor, 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. Nessas regiões, o final da estação seca coincide com o final do inverno na Região Sul, portanto, fatores genéticos também têm influência marcante sobre a sazonalidade na produção de serapilheira na Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul.

Brun *et al.* (1999), em três estágios sucessionais (Capoeirão, floresta Secundária e floresta Madura) em uma Floresta Estacional Decidual, no município de Santa Tereza, observaram que as maiores quedas de serapilheira ocorreram na primavera e verão, entre os meses de novembro e fevereiro; e as menores no outono e inverno, entre os meses de abril e agosto.

Figueiredo Filho *et al.* (2003) verificaram, em uma floresta Ombrófila Mista no Paraná, que as maiores deposições de serapilheira ocorreram na primavera, seguido do inverno, com uma produção média dos dois anos de  $7,7 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

Como a sazonalidade da serapilheira pode estar relacionada com as variáveis climáticas, esta foi correlacionada com a temperatura média mensal e a precipitação

mensal (Tabela 8). Os dados meteorológicos (temperatura média mensal e precipitação mensal) usados foram obtidos da Plataforma de Coleta de Dados do INPE de São Martinho da Serra-RS.

Assim, nas Figuras 14 e 15, estão apresentadas a sazonalidade da deposição da serapilheira com a temperatura média mensal e a precipitação mensal, respectivamente.

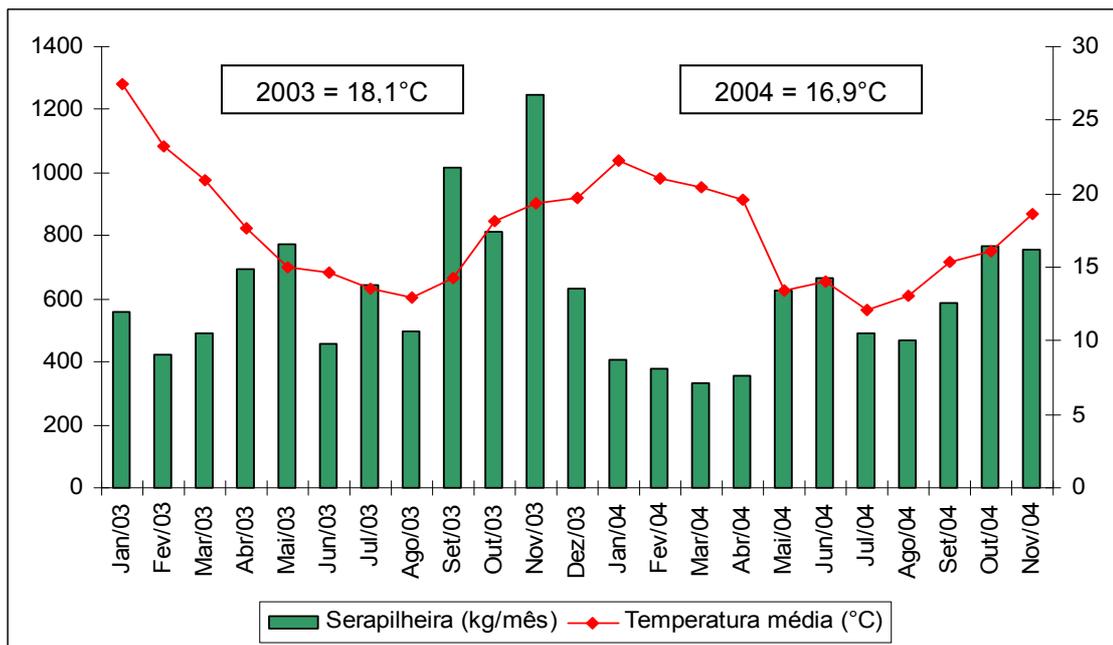


FIGURA 14 – Produção média mensal de serapilheira na Floresta Estacional Decidual em razão da temperatura média mensal, Itaara-RS, Brasil.

Observa-se, na Figura 14, que no ano de 2003, a temperatura média anual foi de 18,1°C e, no ano de 2004, foi de 16,9°C.

Nota-se, na Figura 15, que a precipitação anual foi de 1684,3 mm no ano de 2003 e 921,25 mm no ano de 2004, ou seja, no ano de 2004, choveu quase a metade do que em 2003. Como se pode observar nas Figuras 14 e 15, houve menor deposição de serapilheira no ano de 2004 em relação a 2003, o que pode sugerir que a produção de serapilheira foi influenciada pelas variáveis temperatura e precipitação.

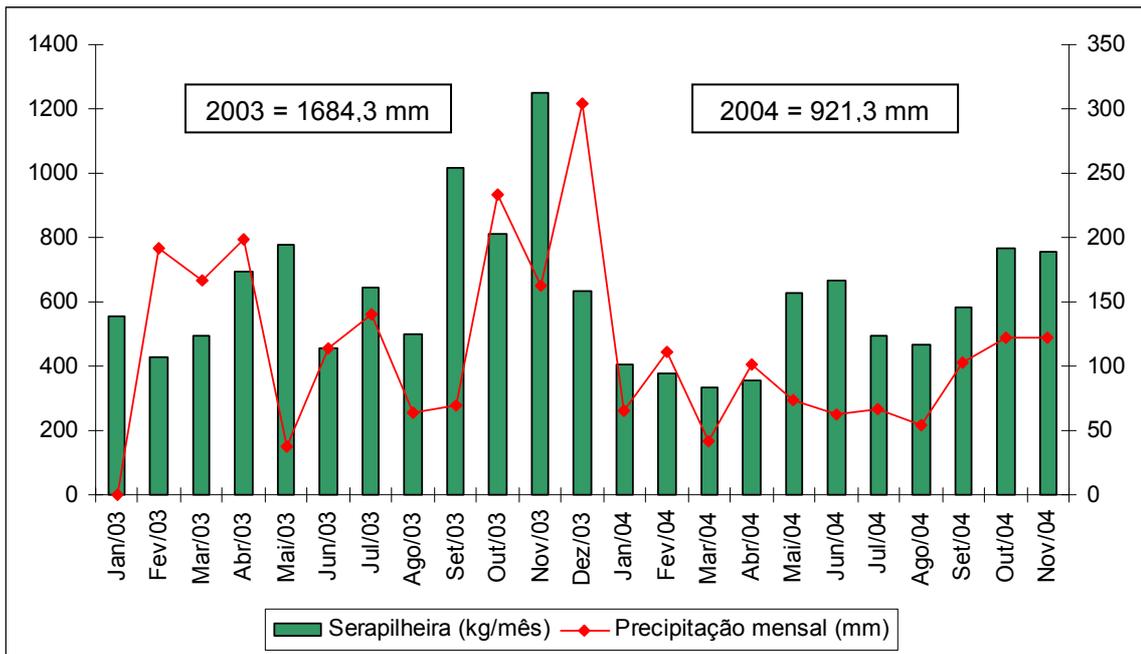


FIGURA 15 – Produção média mensal de serapilheira na Floresta Estacional Decidual em razão da precipitação mensal, Itaara-RS, Brasil.

Estudos realizados por Cunha (1997) constataram que as maiores produções de serapilheira ocorreram quando as precipitações foram abundantes e a temperatura estava em elevação.

Porém, essa afirmação é difícil de ser atribuída a essas variáveis climáticas. Os ventos também são uma fonte importante de derrubada de folhas nas florestas. Uma vez que a maior deposição de serapilheira ocorreu em novembro de 2003, período do ano em que ocorrem as tempestades com ventos fortes, o que pode também estar atribuída a esse fator ambiental.

Como se pode observar na Tabela 8, não há correlação significativa entre as frações folhas, galhos finos e serapilheira com a temperatura média e a precipitação mensal, sendo somente significativo para a fração miscelânea com a temperatura média, a 1% de probabilidade de erro.

TABELA 8 – Coeficientes de correlação de *Pearson* entre os componentes da serapilheira da Floresta Estacional Decidual e variáveis climáticas, Itaara-RS, Brasil.

Variável climática	Folhas	Galhos finos	Miscelânea	Serapilheira
Temperatura (°C)	-0,26 <sup>ns</sup>	-0,20 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>**</sup>	-0,19 <sup>ns</sup>
Precipitação (mm)	0,16 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>

Sendo: <sup>ns</sup>: não-significativo a 1% de probabilidade de erro; <sup>\*\*</sup>: significativo a 1% de probabilidade de erro. Fonte: INPE/São Martinho da Serra-RS.

Esses resultados indicam que somente o uso das variáveis climáticas temperatura média e precipitação mensal podem não ser suficientes para correlacionar a deposição de serapilheira com essas variáveis ambientais. Talvez seja necessário o uso de mais variáveis climáticas como, por exemplo, velocidade de ventos e direção, e a ocorrência de tempestades no local.

Outro aspecto importante está relacionado ao local onde são coletadas as informações climáticas. Normalmente essas informações são coletadas na estação climática mais próxima do local, como é o caso do presente trabalho. Talvez o ideal fosse à disponibilidade de uma estação no próprio local do experimento. Essa observação também já foi relatada por Figueiredo Filho *et al.* (2003), que verificaram baixa correlação entre a deposição de serapilheira e as variáveis climáticas temperatura média e precipitação mensal.

#### 4.4.3 Nutrientes na serapilheira

Na Tabela 9, estão visualizados os teores médios de nutrientes nas frações da serapilheira ao longo do período coletado. Nota-se, nessa Tabela, que o N e o Ca foram os nutrientes com maiores teores, nas frações da serapilheira.

Os maiores teores de N, P, K e S estão na fração miscelânea, possivelmente por esse componente conter também detritos orgânicos. Nos galhos, está o maior teor de Ca e, nas folhas, o Mg. Por ser um elemento pouco móvel na planta, o Ca está mais concentrado nas partes lignificadas, como galhos e casca.

O maior teor de Mg nas folhas é atribuído provavelmente por esse elemento fazer parte da clorofila na proporção de 2,7% desta, sendo assim mais abundante nesses tecidos (Malavolta, 1985).

TABELA 9 – Teores de macro e micronutrientes na serapilheira depositada na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil, ao longo dos 24 meses do estudo.

<b>Primeiro Ano (dez/02-nov/03)</b>									
<b>Fração</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>
	<b>g kg<sup>-1</sup></b>					<b>mg kg<sup>-1</sup></b>			
Folhas	23,4	1,4	4,7	15,6	2,8	1,6	159,0	104,4	31,9
Galhos	15,7	1,0	3,9	16,5	2,2	1,0	132,4	120,4	54,8
Miscel.	26,1	1,7	4,2	14,5	2,1	1,7	173,3	1085,0	54,1
<b>Serap.</b>	<b>21,7</b>	<b>1,4</b>	<b>4,3</b>	<b>15,5</b>	<b>2,4</b>	<b>1,4</b>	<b>154,9</b>	<b>436,6</b>	<b>46,9</b>
<b>Segundo Ano (dez/03-nov/04)</b>									
<b>Fração</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>
	<b>g kg<sup>-1</sup></b>					<b>mg kg<sup>-1</sup></b>			
Folhas	22,6	1,0	5,3	19,0	3,0	1,8	164,4	138,1	57,9
Galhos	15,6	0,7	3,6	19,0	2,4	1,3	158,1	122,4	64,8
Miscel.	25,1	1,5	6,4	12,6	2,4	1,9	121,9	536,2	59,3
<b>Serap.</b>	<b>21,1</b>	<b>1,1</b>	<b>5,1</b>	<b>16,9</b>	<b>2,6</b>	<b>1,7</b>	<b>148,1</b>	<b>256,6</b>	<b>60,7</b>
<b>Média (dez/02-nov/04)</b>									
<b>Fração</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>
	<b>g kg<sup>-1</sup></b>					<b>mg kg<sup>-1</sup></b>			
Folhas	22,0	1,2	5,2	14,2	3,0	1,7	168,1	101,7	49,2
Galhos	15,7	0,9	3,8	17,8	2,3	1,2	145,2	121,4	59,8
Miscel.	25,6	1,6	5,3	13,6	2,2	1,8	147,6	810,6	56,7
<b>Serap.</b>	<b>22,4</b>	<b>1,2</b>	<b>4,7</b>	<b>16,2</b>	<b>2,5</b>	<b>1,6</b>	<b>151,5</b>	<b>351,1</b>	<b>53,8</b>

Quanto aos micronutrientes Mn, Fe e Zn, nas folhas, estão os maiores teores de Mn e, na miscelânea, estão os maiores teores de Fe. Já na fração galhos, estão os maiores teores de zinco. As grandes quantidades de ferro e manganês presentes na serapilheira são devidas, em parte, a baixa mobilidade desses elementos na planta (Neves, 2000).

Como comparativo, na mesma área da pesquisa, Vogel *et al.* (2003) encontraram, na serapilheira acumulada sobre o solo, teores de 18,3 g kg<sup>-1</sup> de N, 0,9 g kg<sup>-1</sup> de P, 1,5 g kg<sup>-1</sup> de K, 20,7 g kg<sup>-1</sup> de Ca e 1,8 g kg<sup>-1</sup> de Mg.

Vital *et al.* (2004), em uma Floresta do tipo Estacional Semidecidual, localizada no centro-sul do estado de São Paulo, verificaram, na serapilheira depositada, teores médios em 12 meses consecutivos de 21,6 g kg<sup>-1</sup> para o N, 1,4 g kg<sup>-1</sup> para o P, 6,2 g kg<sup>-1</sup> para o K, 22,8 g kg<sup>-1</sup> para o Ca e 4,4 g kg<sup>-1</sup> para o Mg.

Toledo *et al.* (2002) verificaram que a serapilheira depositada ao longo de um ano, em uma floresta secundária tardia no Rio de Janeiro, foi de 12,97 Mg ha<sup>-1</sup>, com teores médios de 16,9 g kg<sup>-1</sup> de N, 0,5 g kg<sup>-1</sup> de P, 5,2 g kg<sup>-1</sup> de K, 8,3 g kg<sup>-1</sup> de Ca e 2,9 g kg<sup>-1</sup> de Mg.

Pode-se observar, na Tabela 10, que grandes quantidades de nutrientes estão armazenados na serapilheira. As folhas constituíram a principal via de devolução de nutrientes pela serapilheira, sobretudo o N e o Ca, seguidos do K, Mg, S e P.

Como as folhas foram o componente com a maior contribuição relativa de quantidade na serapilheira, estas também foram a fração que mais retornou nutrientes ao solo, chegando a devolver, por exemplo, até cinco vezes mais P que a fração galhos finos.

Vogel *et al.* (2003) encontraram, na área da presente pesquisa na serapilheira acumulada sobre o solo, a quantidade de 213,9 Kg ha<sup>-1</sup> de N, 10,5 Kg ha<sup>-1</sup> de P, 18,1 Kg ha<sup>-1</sup> de K, 242,5 Kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 20,9 Kg ha<sup>-1</sup> de Mg.

Vital *et al.* (2004), em uma Floresta do tipo Estacional Semidecidual, localizada no centro-sul do estado de São Paulo, apontam que a transferência de nutrientes, ao longo de um ano de coleta de serapilheira depositada, foi de 217,8 kg ha<sup>-1</sup> de N, 11,5 kg ha<sup>-1</sup> de P, 52,8 kg<sup>-1</sup> de K, 199,8 kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 38,7 kg ha<sup>-1</sup> de Mg.

Brun *et al.* (1999) encontraram em diferentes fases sucessionais em uma Floresta Estacional Decidual no município de Santa Tereza-RS, que, no decorrer de um ano, foram devolvidos ao solo via serapilheira no Capoeirão (27 anos) 89,6 Kg ha<sup>-1</sup> de N, 4,7 kg ha<sup>-1</sup> de P, 30,9 Kg ha<sup>-1</sup> de K, 102,4 Kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 21,4 Kg ha<sup>-1</sup> de Mg; na floresta Secundária (entre 45 e 50 anos), foram devolvidos 110,3 Kg ha<sup>-1</sup> de N, 6,1 Kg ha<sup>-1</sup> de P, 36,5 Kg ha<sup>-1</sup> de K, 94 Kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 18,2 Kg ha<sup>-1</sup> de Mg; já para uma Floresta Madura (mais de 100 anos), foram devolvidos via serapilheira 153 Kg ha<sup>-1</sup> de N, 6,3 Kg ha<sup>-1</sup> de P, 63,7 Kg ha<sup>-1</sup> de K, 185,7 Kg ha<sup>-1</sup> de Ca e 23,5 Kg ha<sup>-1</sup> de Mg.

TABELA 10 – Quantidades de macro e micronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) pelas frações da serapilheira da Floresta Estacional Decidual. Itaara-RS, Brasil.

<b>Primeiro Ano (dez/02-nov/03)</b>									
<b>Fração</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>
<b><math>\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}</math></b>									
Folhas	146,5	8,7	29,4	97,5	17,5	10,0	1,0	0,6	0,2
Galhos	20,2	1,3	5,0	21,2	2,8	1,3	0,2	0,1	0,1
Miscel.	22,8	1,5	3,7	12,6	1,8	1,5	0,1	0,7	0,05
Serap.	189,4	11,5	38,1	131,3	22,2	12,8	1,3	1,4	0,4
<b>Segundo Ano (dez/03-nov/04)</b>									
<b>Fração</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>
<b><math>\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}</math></b>									
Folhas	99,7	4,6	23,2	83,8	13,2	7,9	0,8	0,6	0,2
Galhos	18,2	0,8	4,2	22,1	2,8	1,5	0,2	0,1	0,1
Miscel.	22,3	1,4	5,7	11,2	2,1	1,7	0,1	0,4	0,1
Serap.	140,3	6,8	33,1	117,2	18,2	11,1	1,0	1,1	0,4
<b>Média dos 24 meses (dez/03-nov/04)</b>									
<b>Fração</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>
<b><math>\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}</math></b>									
Folhas	123,1	6,7	26,3	90,7	15,4	9,0	0,9	0,6	0,2
Galhos	19,2	1,1	4,6	21,7	2,8	1,4	0,2	0,1	0,1
Miscel.	22,6	1,5	4,7	11,9	2,0	1,6	0,1	0,6	0,1
Serap.	164,9	9,2	35,6	124,3	20,2	12,0	1,2	1,3	0,4

Cunha (1997), na Floresta Estacional Decidual em São João do Polesine-RS, verificou que 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 por meio da serapilheira na capoeira (13 anos de idade), capoeirão (19 anos) e mata secundária (30 anos) 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.

Os resultados de Brun *et al.* (1999) e Cunha (1997) indicam um aumento da deposição de nutrientes via serapilheira, com o desenvolvimento da floresta.

Uma vez que, nesse local, o solo é bastante raso (em torno de 35cm de profundidade), a devolução de nutrientes, via deposição de folhas, galhos finos, e miscelânea, é de extrema importância na manutenção do ecossistema do ponto de vista nutricional; considerando que as folhas normalmente possuem baixa relação C/N, é de se esperar rápida mineralização dos nutrientes, disponibilizando rapidamente os nutrientes para as raízes finas. Raízes essas que se encontram em grande densidade na camada superficial do solo e na camada de serapilheira em decomposição logo acima do solo.

Na Tabela 11, pode-se observar a participação relativa dos nutrientes na serapilheira. Nota-se que as folhas contribuem com mais de 70% do N, P, K, Ca, Mg, S e Mn e mais de 40% do Fe e Zn da devolução de nutrientes via serapilheira para a floresta estudada.

TABELA 11 – Participação relativa dos macro e micronutrientes ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ) das frações da serapilheira no período de dez/02-nov/04, na Floresta Estacional Decidua em Itaara-RS, Brasil.

Fração	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Zn
	%								
Folhas	74,7	72,7	73,9	73,0	76,0	74,9	75,0	46,2	50,0
Galhos	11,6	11,5	12,9	17,4	13,9	11,7	16,7	7,7	25,0
Miscel.	13,7	15,8	13,2	9,6	9,7	13,4	8,3	46,2	25,0
<b>Serapilheira</b>	<b>100</b>								

Em Santa Tereza, RS, Brun *et al.* (1999) verificaram que as folhas na floresta Secundária foram responsáveis por até 72% do N, 69% do P, 79% do K, 71% do Ca e 77% do Mg, dos nutrientes devolvidos pela serapilheira.

Nas Figuras 16 e 17, observa-se a devolução mensal do N e Ca pela serapilheira na floresta estudada. Pode-se constatar que a devolução dos nutrientes para o solo acompanhou a tendência de deposição da serapilheira, com o pico de devolução no mês de novembro/2003.

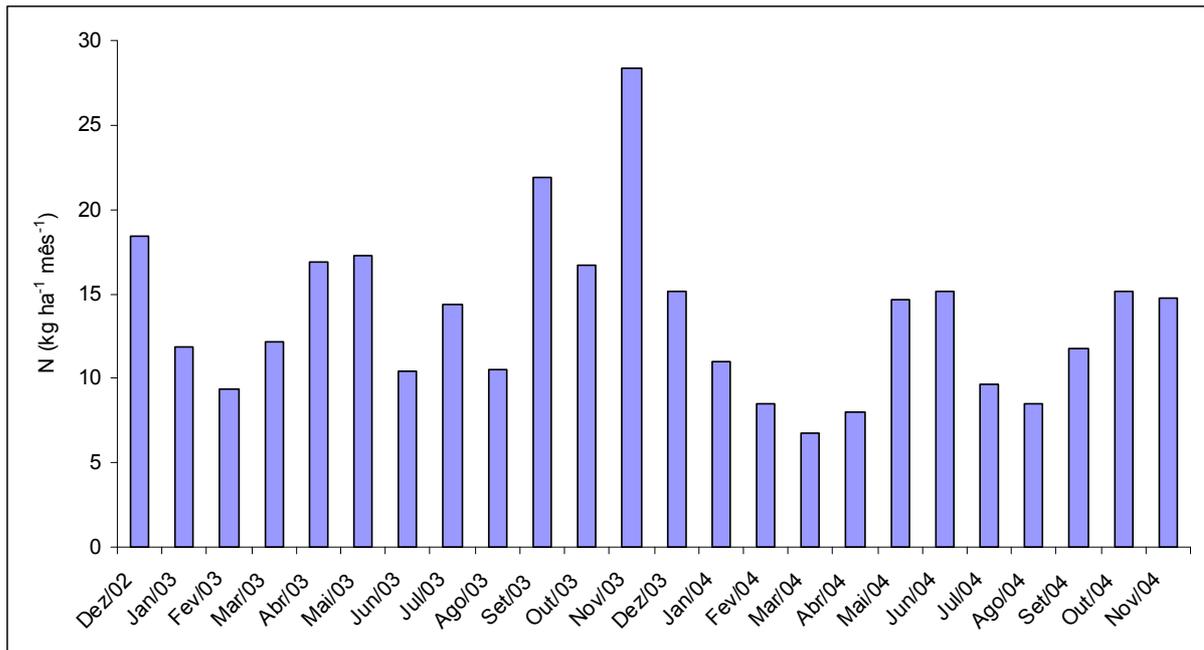


FIGURA 16 – Devolução mensal do N pela serapilheira na Floresta Estacional Decidual estudada. Itaara-RS, Brasil.

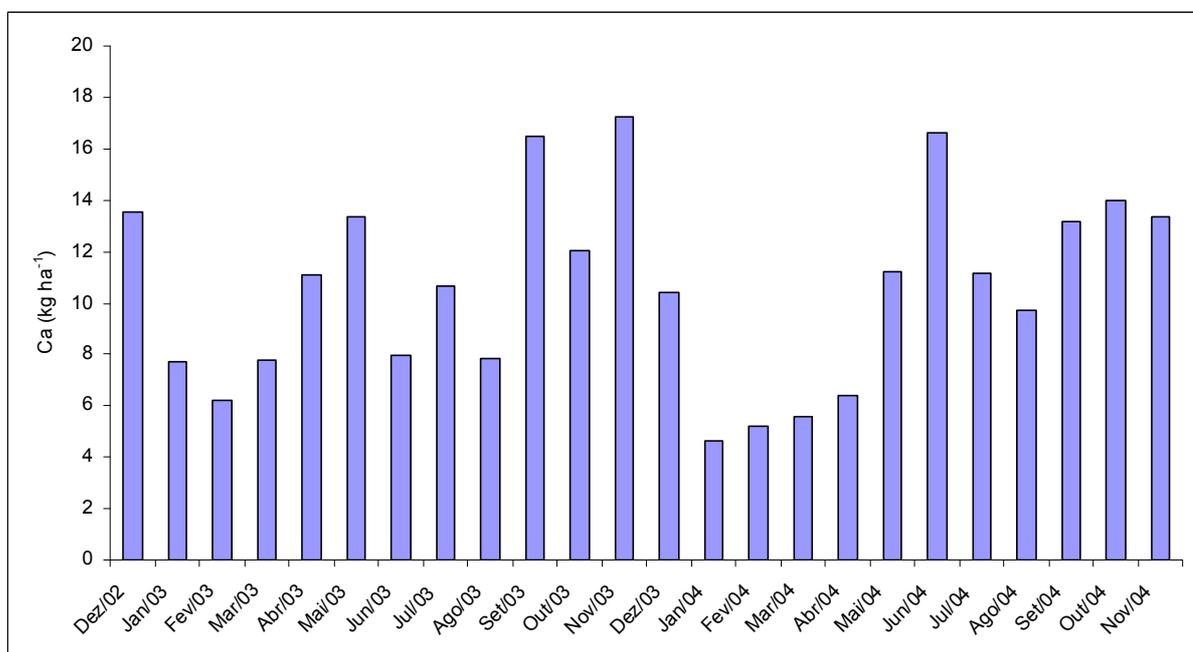


FIGURA 17 – Devolução mensal do Ca pela serapilheira na Floresta Estacional Decidual estudada. Itaara-RS, Brasil.

#### 4.4.4 Separação do folheto por espécie arbórea nativa

Como detalhado na Metodologia, as folhas provenientes da serapilheira depositada foram separadas em sete espécies arbóreas, sendo elas: *Ocotea puberula* (Canela-guaicá), *Ocotea pulchella* (Canela-lageana), *Nectandra megapotamica* (Canela-preta), *Matayba elaeagnoides* (Camboatá-branco), *Cupania vernalis* (Camboatá-vermelho), *Parapiptadenia rigida* (Angico-vermelho) e *Schinus molle* Linnaeus (Aroeira-piriquita); o restante das folhas foi denominado de não-identificadas.

Na Figura 18, é possível verificar a variação de cada uma das espécies arbóreas na devolução de folhas para a floresta, ao longo dos 24 meses de coleta. Nota-se, nessa Figura, que a devolução de folhas variou conforme a espécie. A espécie que mais devolveu folhas para o solo da floresta foi a *Parapiptadenia rigida*. Essa espécie teve as máximas devoluções no período de abril a agosto/2003 e de maio a agosto/2004, com pico de devolução no mês de junho/2004.

Observa-se, na Figura 18, que nos meses de novembro de 2003, e julho de 2004, a espécie *Ocotea pulchella* teve uma grande queda de folhas, com pico de devolução em novembro/2003.

As demais espécies mantiveram um comportamento sazonal mais ou menos semelhante, com pequenas variações, com as maiores deposições nos meses de setembro a novembro.

Na Tabela 12, podemos visualizar o total anual em kg por hectare e a percentagem relativa da produção de folhas pelas espécies analisadas.

A fenologia particular de cada espécie, e a sua densidade na floresta desempenham um papel decisivo no funcionamento do ecossistema, no que diz respeito à devolução de folhas para floresta. Cunha (1997), na floresta Estacional Decidual em São João do Polesine-RS, em um Capoeirão com 19 anos, verificou que as espécies, que mais depositaram folhas, foram a *Ocotea puberula*, *Cupania vernalis* e a *Parapiptadenia rigida*.

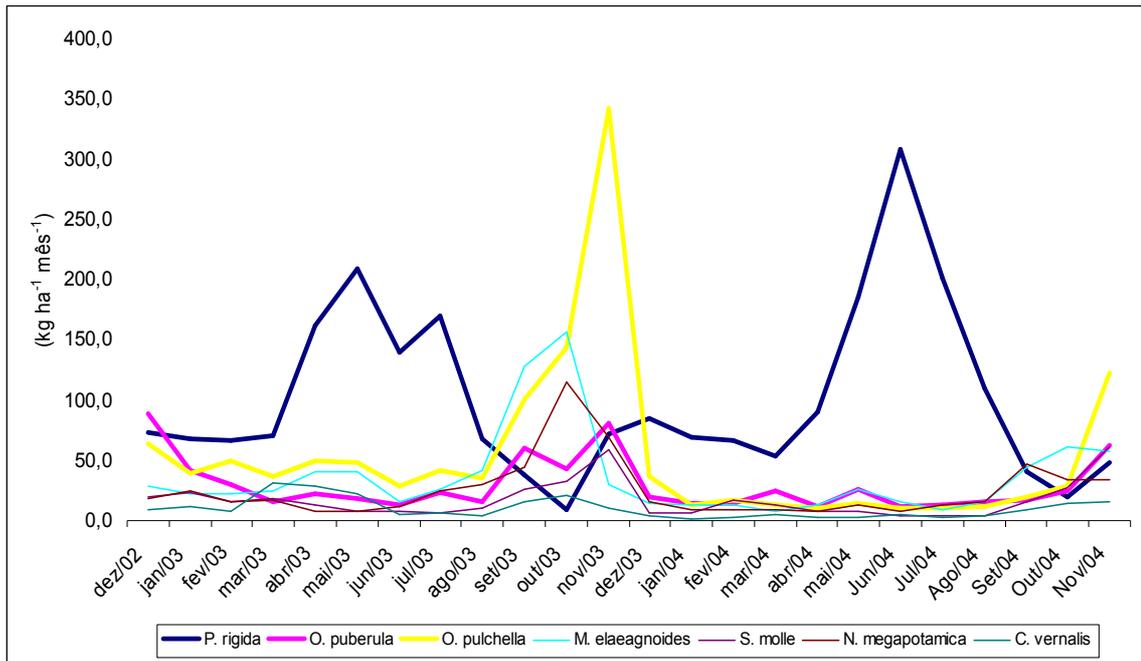


FIGURA 18 – Devolução mensal de folhas pelas espécies identificadas na Floresta Estacional Decidual estudada, Itaara-RS, Brasil.

Constatamos pela Tabela 12 que a espécie que mais devolveu folhas ao longo dos dois anos de coleta foi a *Parapiptadenia rigida* (23,1% do montante), seguido da *Ocotea pulchella*, com 12,3% (na floresta estudada, a *Parapiptadenia rigida* é uma das espécies mais freqüentes), estabelecendo-se a seguinte ordem crescente de participação na devolução de folhas: *Parapiptadenia rigida* > *Ocotea pulchella* > *Matayba elaeagnoides* > *Ocotea puberula* > *Nectandra megapotamica* > *Schinus molle* > *Cupania vernalis*.

Esses resultados apontam a importância de se conhecer as espécies arbóreas que compõem a floresta. Dependendo da composição das espécies arbóreas na floresta, acarretará em maior ou menor devolução de folhas e, conseqüentemente, em uma maior ou menor devolução de nutrientes para a floresta.

TABELA 12 – Total anual e participação relativa das espécies na devolução de folhas na Floresta Estacional Decidual ao longo dos dois anos de estudo. Itaara-RS, Brasil.

<b>Primeiro Ano (dez/02-nov/03)</b>								
	P. r.	O. pub.	O. pul.	M. el.	S. m.	N. m.	C. v.	FNI
	----- Kg ha <sup>-1</sup> -----							
Total	1147,9	453,1	980,3	576,2	242,6	389,9	174,4	2155,1
%	18,8	7,4	16,0	9,4	4,0	6,4	2,9	35,2
CV (%)	62,7	69,1	108,1	93,7	73,0	96,7	64,9	34,3
<b>Segundo Ano (dez/03-nov/04)</b>								
Total	1279,2	256,8	309,7	292,3	176,5	215,0	68,6	1783,9
%	29,2	5,9	7,1	6,7	4,0	4,9	1,6	40,7
CV (%)	79,0	65,7	122,1	78,1	111,6	71,3	86,3	35,1
<b>Média dos dois Anos (dez/03-nov/04)</b>								
Média anual	1213,5	354,9	645,0	434,3	209,6	302,5	121,5	1969,5
%	23,1	6,8	12,3	8,3	4,0	5,8	2,3	37,5
CV (%)	70,9	74,8	131,8	99,2	88,9	97,6	85,2	35,3

Sendo: P. r. = *Parapiptadenia rigida*, O. pr. = *Ocotea puberula*, O. pch. = *Ocotea pulchella*, M. e. = *Matayba elaeagnoides*, S. m. = *Schinus molle*, N. m. = *Nectandra megapotamica*, C. v. = *Cupania vernalis*, FNI = folhas não-identificado

<sup>1</sup> Média mensal

#### 4.4.3.1 Teores de nutrientes nas folhas das espécies arbóreas nativas

A Tabela 13 mostra os teores de macro e micronutrientes nas folhas das espécies arbóreas nativas depositadas na floresta estudada.

Pode-se constatar, na Tabela 13, que existe diferença de teores nas folhas entre as espécies arbóreas. Os maiores teores de N, P e Ca foram encontrados na espécie *Parapiptadenia rigida*. Os maiores teores de K e Mg estão na espécie *Matayba elaeagnoides*. Já os maiores teores de S e Mn foram encontrados na espécie *Cupania vernalis*.

TABELA 13 – Teores de macro e micronutrientes nas folhas das espécies arbóreas depositadas nos dois anos de coleta (dez/02-nov/04) na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Média dos Dois Anos (dez/02-nov/04)									
Espécie	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Fe	Zn
	g kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>			
O. pr.	26,7	1,3	4,8	11,2	1,5	1,9	98,8	100,8	52,0
O. pc.	19,3	1,0	3,4	11,4	1,5	1,4	166,8	93,3	39,3
N. m.	20,1	1,0	4,4	14,7	2,4	1,4	59,4	75,7	52,7
M. e.	20,8	1,2	7,6	12,2	6,3	2,0	332,8	88,9	40,5
C. v.	22,0	1,1	6,0	14,1	4,1	2,0	353,0	97,3	61,8
P. r.	29,0	1,5	3,5	18,6	2,3	1,8	85,2	126,3	44,2
S. m.	16,2	1,1	5,8	12,1	2,5	1,4	70,5	83,9	55,8
FNI	22,1	1,3	6,2	19,5	3,2	1,7	178,1	147,7	47,2
<b>CV(%)</b>	<b>18,5</b>	<b>13,5</b>	<b>28,0</b>	<b>22,7</b>	<b>53,8</b>	<b>15,3</b>	<b>69,10</b>	<b>23,40</b>	<b>15,85</b>

Sendo: O. pr. = *Ocotea puberula*, O. pch. = *Ocotea pulchella*, N. m. = *Nectandra megapotamica*, M. e. = *Matayba elaeagnoides*, C. v. = *Cupanea vernalis*, P. r. = *Parapiptadenia rigida*, S. m. = *Schinus molle*, FNI = folhas não-identificadas.

Na literatura, são poucos os trabalhos realizados com teores de nutrientes em espécies nativas. Em nível de comparação, Cunha (1997) obteve os seguintes teores para as espécies arbóreas em uma Floresta Estacional Decidual em São João do Polesine-RS: *Parapiptadenia rigida*: 23,3 g kg<sup>-1</sup> de N, 1,9 g kg<sup>-1</sup> de P, 4,8 g kg<sup>-1</sup> de K, 19,1 g kg<sup>-1</sup> de Ca e 2,0 g kg<sup>-1</sup> de Mg; *Ocotea puberula*: 18,7 g kg<sup>-1</sup> de N, 2,2 g kg<sup>-1</sup> de P, 4,8 g kg<sup>-1</sup> de K, 12,4 g kg<sup>-1</sup> de Ca e 1,4 g kg<sup>-1</sup> de Mg; *Cupania vernalis*: 15,3 g kg<sup>-1</sup> de N, 1,9 g kg<sup>-1</sup> de P, 7,4 g kg<sup>-1</sup> de K, 16,9 g kg<sup>-1</sup> de Ca e 3,9 g kg<sup>-1</sup> de Mg.

Já Hiremath *et al.* (2002) determinaram, em três espécies tropicais, os teores de P e N nas folhas, sendo estes: *Hyeronima alchorneoides* Fr. All.: 18,5 g kg<sup>-1</sup> de N e 1,7 g kg<sup>-1</sup> de P, *Cedrela odorata* L.: 23,4 g kg<sup>-1</sup> de N e 2,7 g kg<sup>-1</sup> de P, e para a *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken. 25,9 g kg<sup>-1</sup> de N e 2,7 g kg<sup>-1</sup> de P.

Quanto aos micronutrientes Mn, Fe e Zn, por não terem sido encontrados faixas adequadas de teores para tais espécies nativas, em nível de comparação, para o Eucalipto esses teores são considerados adequados, sendo eles: Mn de 150

a  $600 \text{ mg kg}^{-1}$ , Fe de 50 a  $150 \text{ mg kg}^{-1}$  e Zn de 15 a  $35 \text{ mg kg}^{-1}$  (Gonçalves & Valeri, 2001).

Por meio dessas informações, podemos determinar uma das fontes da quantidade dos diferentes nutrientes que são devolvidos para o solo da floresta, e quais as espécies que mais contribuem para isso. Dessa maneira, pode-se destacar a *Parapiptadenia rigida*, uma espécie leguminosa, que retém em suas folhas grandes quantidades de nutrientes, sobretudo N, P e Ca. Com essas informações, é possível escolher as espécies que melhor se adaptam a determinados sítios, na composição de maciços puros ou mistos, e no auxílio das tomadas de decisões para o manejo de áreas silvestres, e também na recuperação de áreas degradadas ou sujeitas à arenização.

#### 4.4.3.2 Quantidade de nutrientes nas folhas das espécies arbóreas nativas

Na Tabela 14, encontra-se a quantidade total, por ano de devolução de nutrientes pelas folhas das diferentes espécies para a floresta. Pode-se constatar que, de um modo geral, grandes quantidades de nutrientes são devolvidos via deposição de folhas pelas espécies analisadas, sobretudo o N e o Ca. Observa-se, nessa Tabela, que, no primeiro ano a *Parapiptadenia rigida* foi à espécie que mais devolveu N, P, Ca e S para a floresta. No segundo ano, essa espécie manteve tal tendência, devolvendo as maiores quantidades de N, P, K, Ca, Mg e S.

As maiores quantidades de K, Mg e Mn foram depositadas pelas folhas da espécie *Matayba elaeagnoides* no primeiro ano.

Já as maiores quantidades de Fe foram depositados pelas folhas da *Ocotea pulchella*. O Zn teve pouca participação na devolução de nutrientes por espécie, chegando a valores próximos de zero.

Nota-se, na Tabela 14, que, no segundo ano, a entrada de nutrientes foi menor, acompanhando a menor queda de folhas nesse período. Ao longo dos 24 meses o total de N, que foi devolvido pelas folhas, chegou a  $148,6 \text{ kg ha}^{-1}$  no primeiro ano, e  $96,3 \text{ kg ha}^{-1}$  de N no segundo ano. Cunha (1997) quantificou para uma mata Secundária com mais de 30 anos,  $110 \text{ kg ha}^{-1}$  por ano de N depositado pelas folhas das árvores.

Assim se pode constatar que a ordem crescente de contribuição das espécies na devolução de nutrientes pelas folhas foi: *Parapiptadenia rigida* > *Ocotea pulchella*

> *Matayba elaeagnoides* > *Ocotea puberula* > *Nectandra megapotamica* > *Schinus molle* > *Cupania vernalis*.

Nas Figura 19 e 20, podemos visualizar a deposição mensal de N e Ca pelas folhas das espécies estudadas. A devolução mensal de N e Ca acompanhou a deposição de folhas no período analisado, destacando-se a espécie *Parapiptadenia rigida*, com a maior deposição de Ca e N em junho/2004; já a espécie *Ocotea pulchella* teve a maior deposição de Ca e N no mês de novembro/2003.

Esses resultados apontam que existe diferença entre as espécies nativas analisadas, em relação ao estoque e devolução de nutrientes pelas folhas para a floresta. Em parte, essas diferenças podem ser atribuídas às características específicas de cada espécie, como a absorção, distribuição e utilização dos nutrientes pela planta (fatores genéticos e fisiológicos, característicos de cada espécie).

TABELA 14 – Quantidade média de macro e micronutrientes depositados por ano por espécie, nos 24 meses de coleta (dez/02-nov/04), na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

<b>Primeiro Ano (dez/02-nov/03)</b>									
<b>Espécie</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----								
O. pr.	13,1	0,6	1,9	5,7	0,6	0,8	0,04	0,04	0,02
O. pc.	18,3	1,0	2,6	11,8	1,3	1,1	0,15	0,34	0,03
N. m.	7,9	0,4	1,6	5,9	0,8	0,5	0,01	0,03	0,02
M. e.	11,8	0,7	4,9	6,6	3,8	1,0	0,21	0,04	0,02
C. v.	4,0	0,2	1,1	2,5	0,8	0,3	0,07	0,02	0,01
P. r.	34,5	1,9	3,4	19,2	2,3	2,0	0,07	0,12	0,03
S. m.	3,9	0,3	1,4	2,8	0,6	0,3	0,01	0,02	0,00
NI	55,2	3,2	13,8	39,3	7,1	3,6	0,44	0,29	0,08
<b>Total</b>	<b>148,7</b>	<b>8,3</b>	<b>30,7</b>	<b>93,8</b>	<b>17,3</b>	<b>9,6</b>	<b>1,00</b>	<b>0,90</b>	<b>0,21</b>
<b>Secundo Ano (dez/03-nov/04)</b>									
<b>Espécie</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Mn</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----								
O. pr.	6,8	0,3	1,2	2,9	0,4	0,6	0,03	0,03	0,02
O. pc.	5,5	0,2	1,1	3,8	0,5	0,5	0,06	0,03	0,01
N. m.	3,9	0,2	1,0	3,3	0,7	0,3	0,03	0,02	0,02
M. e.	5,4	0,3	2,1	4,1	1,7	0,6	0,09	0,03	0,01
C. v.	1,4	0,1	0,5	1,1	0,3	0,1	0,03	0,01	0,00
P. r.	34,0	1,5	4,2	27,9	3,1	2,3	0,12	0,19	0,06
S. m.	2,4	0,1	1,1	2,3	0,5	0,3	0,02	0,02	0,01
FNI	36,9	1,7	10,5	42,0	6,5	3,2	0,39	0,29	0,10
<b>Total</b>	<b>96,3</b>	<b>4,4</b>	<b>21,7</b>	<b>87,4</b>	<b>13,7</b>	<b>7,9</b>	<b>0,77</b>	<b>0,62</b>	<b>0,23</b>

O. pr. = *Ocotea puberula*, O. pch. = *Ocotea pulchella*, N. m. = *Nectandra megapotamica*, M. e. = *Matayba elaeagnoides*, C. v. = *Cupanea vernalis*, P. r. = *Parapiptadenia rigida*, S. m. = *Schinus molle*, FNI = folhas não-identificadas

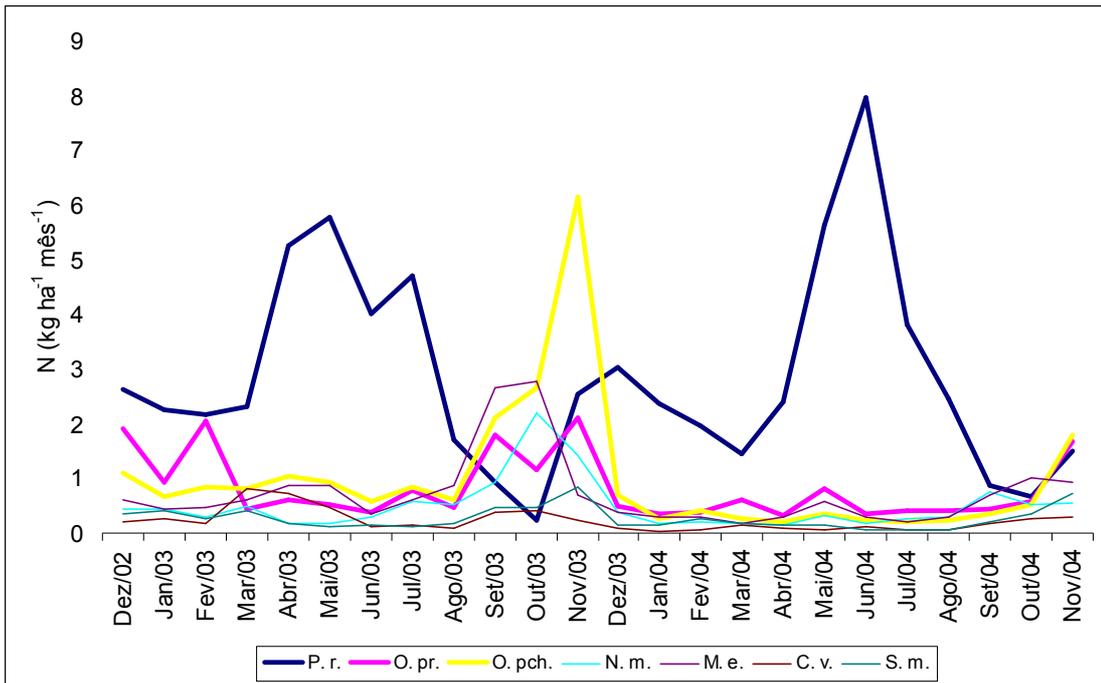


FIGURA 19 – Devolução mensal de N pelo folheto das espécies analisadas na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

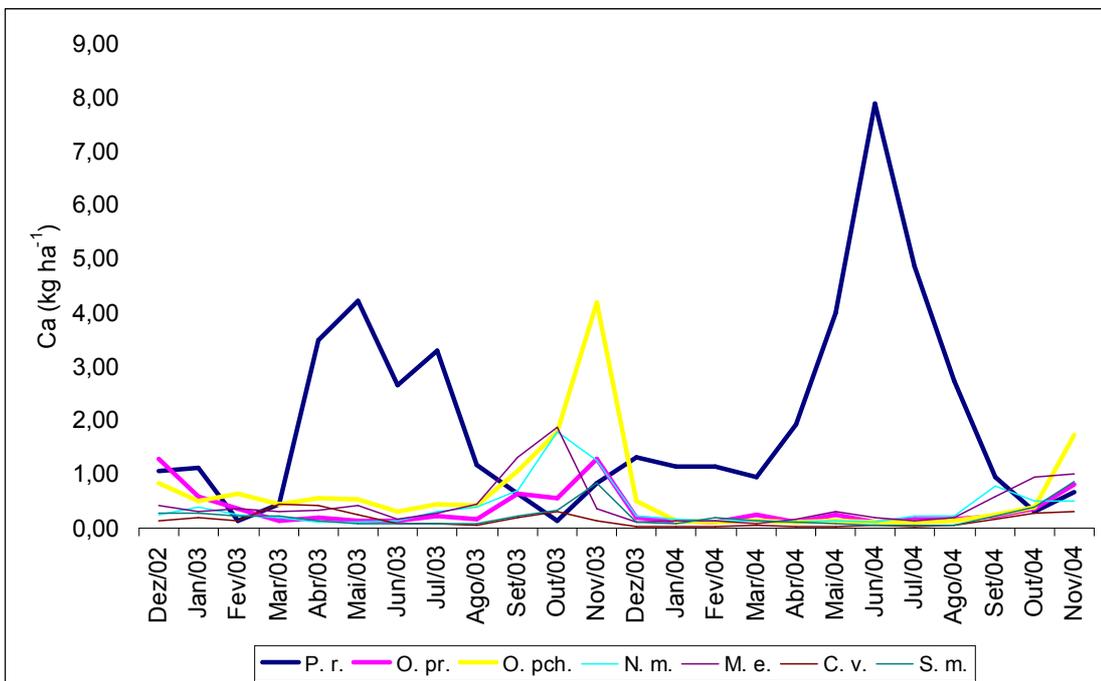


FIGURA 20 – Devolução mensal de Ca pelo folheto das espécies analisadas na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

## 4.5 Solo

Para a coleta de solo, a área da floresta foi dividida em duas partes (Área 1 e Área 2). Nessas áreas, foram determinadas a densidade do solo e as suas características químicas, quantificando o estoque de nutrientes no solo, como detalhado na Metodologia.

### 4.5.1 Densidade do solo

Na Tabela 17, estão os valores determinados da densidade do solo na floresta. Como se pode observar, na área 1, a densidade do solo foi um pouco maior do que na área 2 (a profundidade do solo na área 1 não passou de 25 cm e na área 2 foi de 35 cm).

Nos primeiros 10 cm de profundidade, a densidade do solo é maior do que nos 20 cm. Apesar disso, os valores indicam que não ocorrem camadas de compactação do solo no local (valores em torno de 1), nas duas áreas estudadas.

TABELA 15 – Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ ) nas duas áreas estudadas na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Prof. (cm)	Área 1	Área 2	Média
0-10	1,03	0,94	0,99
10-20	0,88	0,80	0,84
20-30	*	0,94	0,94
<b>Média</b>	<b>0,96</b>	<b>0,89</b>	<b>0,92</b>

\* Na área 1, a profundidade máxima foi de 25 cm.

As propriedades físicas do solo atuam de forma direta ou indiretamente no crescimento das plantas. Aquelas com influência direta estabelecem os processos fisiológicos e bioquímicos que controlam o crescimento das plantas. Já naquelas com influência indireta estão a densidade do solo, a condutividade hidráulica e a agregação, entre outras (Silva *et al.*, 2002).

De um modo geral, pode-se afirmar que, quanto mais elevada for a densidade do solo, maior será a sua compactação, menor será a sua estruturação, com menor

porosidade total e, conseqüentemente, maiores serão as restrições para o crescimento e desenvolvimento das plantas (Kiehl, 1979).

Pritchett (1990) comenta que solos arenosos com densidades superiores a  $1,75 \text{ g cm}^{-3}$  e argilosos com densidades superiores a  $1,55 \text{ g cm}^{-3}$  podem evitar a penetração das raízes das árvores.

De acordo com Raj (1991), a densidade do solo tem valores que variam de menos de  $0,5 \text{ g cm}^{-3}$  em solos orgânicos, até valores próximos a  $2 \text{ g cm}^{-3}$  para solos arenosos compactados. Os valores mais comuns estão entre  $1,0$  e  $1,4 \text{ g cm}^{-3}$  para solos minerais.

Conforme Camargo & Alleoni (1997), deve-se tomar muito cuidado ao considerar o valor absoluto da densidade do solo, como referência para concluir se um solo está ou não compactado, em conseqüência da forma, do tamanho e do arranjo diferenciado das partículas de areia e argila. Os valores médios de densidade de solos arenosos ( $1,2$  a  $1,4 \text{ g cm}^{-3}$ ) são maiores do que os de solos argilosos ( $1,0$  a  $1,2 \text{ g cm}^{-3}$ ).

#### 4.5.2 Características químicas do solo

O solo da região, de acordo com a nova classificação brasileira, é do tipo Neosolo Litólico eutrófico típico (Streck *et al.*, 2002). O material de origem é rocha basáltica. Foi constatado no momento da abertura das trincheiras, que o solo do local do estudo é bastante raso, ficando em torno de 35 cm de profundidade. Conforme EMBRAPA (1999), esse tipo de solo tem horizonte A ou O hístico com menos de 40 cm de espessura, assentado diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr, constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm. Essas características foram observadas no local no momento da abertura das trincheiras de solo.

Ainda de acordo com a EMBRAPA, esses solos tem alta saturação de bases ( $V \geq 50\%$ ) em todos os horizontes. Esse atributo ( $V$  (%)) pode ser confirmado na Tabela 18, que traz as principais características do solo, nas profundidades estudadas.

TABELA 16 – Características químicas do solo da Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

A	Prof.	pH	Ca	Mg	Al	H+Al	CTCef	m	V	MO	N	Arg.	P	K	S	Cu	Zn	B	Fe	Mn
	cm	H <sub>2</sub> O	----- cmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> -----				----- % -----		----- g kg <sup>-1</sup> -----			----- mg L <sup>-1</sup> -----								
1*	0-10	5,5	4,8	2,0	0,0	4,6	7,1	0,0	59,0	50,8	2,5	135,0	3,6	143	13,5	0,1	4,3	0,7	9,3	73,6
	10-20	5,3	4,7	2,0	0,2	5,2	7,0	2,3	54,7	31,0	1,6	183,0	2,2	50,7	11,3	0,2	1,1	0,7	16,3	42,7
2	0-10	5,3	7,6	2,3	0,2	6,8	10,7	1,8	62,5	50,5	2,5	145,0	5,3	225	15,9	0,1	3,8	0,6	19,1	63,3
	10-20	5	6,2	1,9	1,4	10,9	10,1	14,0	44,0	25,0	1,3	270,0	1,5	216	15,0	0,5	0,5	0,7	46	13,3
	20-30	4,4	2,6	0,6	6,2	34,5	9,8	63,0	9,0	25,0	1,3	310,0	1,5	164	15,0	0,8	0,4	0,6	77	5,8

\* Até 20 cm de profundidade.

Sendo: CTCef. = Capacidade de troca de cátions efetiva; m = Saturação de Alumínio; V = Saturação de bases; MO = Matéria orgânica; Arg. = Argila; N total = MO / 20;

P disponível (Extrator Mehlich I);

K, Ca, Mg e S = trocáveis.

Observa-se, na Tabela 18, que os valores médios de saturação de alumínio (m) são considerados baixos na área 1, não sendo prejudiciais ao crescimento das raízes; na área 2 o m (saturação de alumínio) é considerado médio (levemente prejudicial ao crescimento de raízes) (FUNDACEP FECOTRIGO, 2002).

O pH em água, na área 1 e 2 segundo Tomé Jr. (1997), é classificado como de acidez média (pH entre 5 e 5,9), na camada de 0-10 cm, aumentando a acidez com a profundidade.

Tomé Jr. (1997) comenta que em condições naturais, a acidez aumenta à medida que se aprofunda no solo, e que se um solo, na camada de 0-20 cm, possui valores de pH maiores que na camada de 20-40 cm, é bastante provável que esse solo já tenha recebido aplicações de calcário. Esse comentário é válido somente para solos agrícolas. No caso de florestas, a liberação de nutrientes (bases) pela serapilheira vai interferir nos valores do pH. Foi verificado nesse estudo um valor de pH mais elevado na camada superficial do solo, o que pode estar atribuído à liberação de bases, sobretudo Ca, pela decomposição e mineralização da serapilheira. Foi constatado, nesse estudo, que a serapilheira pode devolver até  $126,7 \text{ kg ha}^{-1}$  de Ca por ano para o solo da floresta (ver Tabela 10).

Os teores de Ca e Mg são considerados altos ( $\text{Ca} > 4$  e  $\text{Mg} > 1$ ) segundo a Comissão de Fertilidade do solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (1997).

Em estudos com solo tipo Latossolo Amarelo Distrofíco, em Capitão Poço (PA), Cerri *et al.* (1985) relatam que, após o cultivo e depois com a instalação da capoeira, o valor do pH decresce, em vista da lixiviação das bases. Isso também pode ser atribuído à absorção das bases pela vegetação da sucessão.

Quanto aos teores de matéria orgânica e N, estes são maiores na camada superficial do solo, diminuindo com a profundidade, como já esperado para solos sob floresta nativa. Conforme a Comissão de Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (1997), na camada superficial do solo nas duas áreas, a matéria orgânica é considerada alta ( $> 5$ ). Esse aspecto é decorrente do grande aporte de material orgânico que ocorre via deposição de serapilheira.

O P disponível foi considerado muito baixo nas camadas superficiais do solo, sendo limitante nas camadas de 10 a 30 cm nas duas áreas (Comissão de Fertilidade do solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, 1997). Como a acidez do solo é considerada média a elevada, podem ocorrer problemas na disponibilidade de

nutrientes, pois a faixa de pH mais favorável para disponibilidade de nutrientes se encontra entre 6 e 7 (Tomé Jr., 1997, Malavolta, 1997). Como o P é bastante móvel na planta, este se movimenta com facilidade dos tecidos velhos para os novos, permitindo que as plantas consigam, na maioria das vezes, manter seus tecidos com níveis adequados de P (Raij, 1991) mesmo com pouca absorção desse nutriente do solo.

O K, de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (1997), é considerado alto ( $> 120$ ), diminuindo o seu teor com a profundidade, por ser bastante móvel, tanto no solo como na planta. O valor elevado de K, nas camadas superficiais das áreas, está relacionado à sua alta mobilidade, sendo translocado facilmente da serapilheira para o solo, e novamente para a planta. Esse nutriente é facilmente carregado pela água da chuva dos tecidos vegetais (lavagem das copas e escorrimento pelo tronco das árvores).

Em relação ao S e os micronutrientes, estes foram classificados conforme a Comissão de Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (1997) em: S: suficiente ( $S > 5$ ), Cu: médio (0,15-0,4), Zn: suficiente ( $> 5$ ), Boro: suficiente ( $> 0,3$ ). O Fe e Mn foram classificados segundo Raij *et al.* (1996), citados por Gonçalves & Valeri (2001) como: Fe: alto ( $> 12$ ) e Mn: alto ( $> 5$ ).

De um modo geral, pode-se dizer que o solo da área de estudo é de fertilidade média. Assim as deficiências de P verificadas, podem ser supridas pelo acúmulo desse nutriente na biomassa da floresta e fácil mobilidade nas plantas.

#### 4.5.3 Quantidade de macronutrientes disponíveis no solo

Na Tabela 17, está apresentadas as quantidades de macronutrientes disponíveis no solo da floresta, nas profundidades estudadas.

O P, apresentado na Tabela 17, refere-se apenas à quantidade que está disponibilizada no solo para as plantas (chamado fósforo disponível), não expressando a quantidade total de P no solo. O P disponível se origina da solubilização de minerais fosfatados, da mineralização da matéria orgânica e da adição de fertilizantes (Mello *et al.* 1983).

Já o K, Ca, Mg e S trocáveis também se referem à quantidade disponível desses elementos no solo, ou seja, a quantidade de íon que se encontra adsorvido

às cargas do solo de maneira reversível, que pode ser retirado da carga, sendo trocado por quantidades equivalentes de carga (FUNDA CEP, 2002).

TABELA 17 – Quantidade de macronutrientes disponíveis no solo da Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Área	Prof. (cm)	N <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>	K <sup>3</sup>	Ca <sup>3</sup>	Mg <sup>3</sup>	S <sup>3</sup>
1	0-10	2613,6	3,7	147,3	1977,6	488,1	13,9
	10-20	1364,0	2,0	44,6	1642,7	427,7	11,7
	20-30	-	-	-	-	-	-
	<b>Total</b>	<b>3977,6</b>	<b>5,7</b>	<b>191,9</b>	<b>3620,3</b>	<b>915,8</b>	<b>25,6</b>
2	0-10	2373,5	5,0	211,5	2867,0	531,1	15,0
	10-20	1000,0	1,2	172,8	1984,0	369,4	12,0
	20-30	1175,0	1,4	154,2	977,6	137,1	14,1
	<b>Total</b>	<b>4548,5</b>	<b>7,6</b>	<b>538,5</b>	<b>5828,6</b>	<b>1037,6</b>	<b>41,0</b>
<b>Média Geral</b>		<b>4263,1</b>	<b>6,6</b>	<b>365,2</b>	<b>4724,4</b>	<b>976,7</b>	<b>33,3</b>

Sendo: <sup>1</sup> Obtido pela matéria orgânica dividido por 20; <sup>2</sup> Quantidade disponível no solo; <sup>3</sup> Quantidade trocável no solo.

Verifica-se, na Tabela 17, que os elementos N, P, K, Ca, Mg e S apresentaram quantidades disponíveis maiores na camada superficial do solo. Esse fato está sobretudo relacionado aos teores elevados de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo, que é fonte de reposição constante de nutrientes ao solo.

Pode-se perceber que o N total e o Ca trocável são os nutrientes com maiores quantidade no solo.

Quanto ao N, é preciso esclarecer que se trata do “nitrogênio total” obtido pela divisão da matéria orgânica por 20, e não de “nitrogênio disponível”, sendo necessário, portanto, passar pelo processo de mineralização para converter-se em formas assimiláveis, podendo então ser absorvido pelas raízes.

#### 4.5.4 Quantidades de macronutrientes totais no solo

Como a análise de P disponível no solo visa mais a classificar a possibilidade de resposta à adubação fosfatada, do que a fornecer um valor numérico total da quantidade de fósforo existente no solo, com o intuito de determinar os teores totais de N, P, K, Ca, Mg e S no solo, foram realizadas análises químicas de solo no Laboratório do Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre da Alberts-Ludwig-Universität Freiburg na Alemanha.

Assim na Tabela 18, estão apresentados o total de nutrientes estocados no solo da floresta estudada. Em relação ao P, estes resultados fornecem uma visão mais ampla, não só da quantidade de P que está disponível para as plantas, mas, sim, do total de P que está no solo.

TABELA 18 – Estoque total de macronutrientes no solo na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Prof. (cm)	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha <sup>-1</sup>					
0-20	5980,0	1116,9	29520,8	4997,5	938,2	1337,9
20-30	2303,0	510,8	16161,8	2429,1	350,6	624,8
Total	8283,0	1627,7	45682,6	7426,6	1288,8	1962,6

Observam-se, na Tabela 18, valores bastante elevados de N, P, K, Ca, Mg e S no solo, indicando que no componente solo estão estocados a maior parte dos nutrientes da floresta.

Com relação ao P, de acordo com Novais & Smyth (1999), o solo não é apenas um meio físico de sustentação da floresta, mas também um “buraco-negro” para o P que entra em contato com sua fase mineral. A floresta, dreno pequeno, com lenta aquisição de P (anos) para sua formação, contrasta com o solo, dreno muito grande (73,4 vezes maior que o primeiro) e com poder de adsorção extremamente rápido (alguns dias para efetivar essa tarefa). Os autores comentam ainda que, se pensarmos numa floresta tropical, com 54,5 kg ha<sup>-1</sup> de P imobilizados em sua biomassa, com valores de ciclagem da ordem de 17 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, via serapilheira e transprecipitação (Clevelario Jr., 1996 citados por Novais & Smyth, 1999), sobre um

solo com poder de fixar  $4.000 \text{ kg ha}^{-1}$  de P, torna-se difícil explicar como esse equilíbrio se mantém. O que se pode conjecturar é que praticamente não deve haver contato do P ciclado com a fase mineral desses solos, ou seja, a planta absorveria diretamente do que mineralizasse do substrato orgânico (serapilheira) sem dar chances ao substrato mineral do solo de se envolver no equilíbrio existente. Tudo isso leva a forte argumentação contra a queima de resíduos florestais, ignorados os aspectos socioeconômicos, enfatizam Novais & Smyth (1999).

De acordo com Odum (1983) nas regiões frias, uma grande parcela da matéria orgânica e dos nutrientes disponíveis permanece o tempo todo no solo ou no sedimento; nos trópicos, uma percentagem muito maior destes nutrientes está na biomassa, sendo reciclada dentro da estrutura orgânica do sistema.

Porém quando quantificamos os nutrientes totais no solo, verificamos que a maior percentagem destes está no solo, em relação à biomassa acima do solo das árvores.

#### **4.6 Distribuição dos nutrientes na floresta**

##### **4.6.1 Quantidade de macronutrientes disponíveis no solo e na biomassa acima do solo**

Na Tabela 19, pode-se visualizar a distribuição dos nutrientes disponíveis no solo e nutrientes totais na biomassa acima do solo das árvores, bem como a sua participação relativa. Dessa maneira, a quantidade de nutrientes no solo, refere-se ao teor disponível de P, e teores trocáveis de K, Ca, Mg e S, já discutidos nos itens 4.5.3 e 4.5.4.

Para uma melhor visualização, na Figura 21, está representada a distribuição relativa dos macronutrientes disponíveis no solo e total na biomassa acima do solo.

Em razão da quantidade disponível de P no solo, observa-se, na Figura 21, que as maiores quantidades de P, K e S estão na biomassa acima do solo (sobretudo P), e as maiores quantidades de N, Ca e Mg estão no solo, com 73,8, 71 e 71,7% respectivamente.

TABELA 19 – Distribuição dos nutrientes disponíveis no solo, e total na biomassa acima do solo e sua distribuição relativa na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Compartimento	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----					
<b>Biomassa acima do solo</b>	1515,1	80,1	926,5	1928,4	385,85	274,7
<b>Solo</b>	4263,1	6,6	365,2	4724,4	976,6	33,3
<b>Total</b>	5778,2	86,7	1291,7	6652,8	1362,4	308,0
	----- % -----					
<b>Biomassa acima do solo</b>	26,2	92,4	71,7	29,0	28,3	89,2
<b>Solo</b>	73,8	7,6	28,3	71,0	71,7	10,8
<b>Total</b>	100	100	100	100	100	100

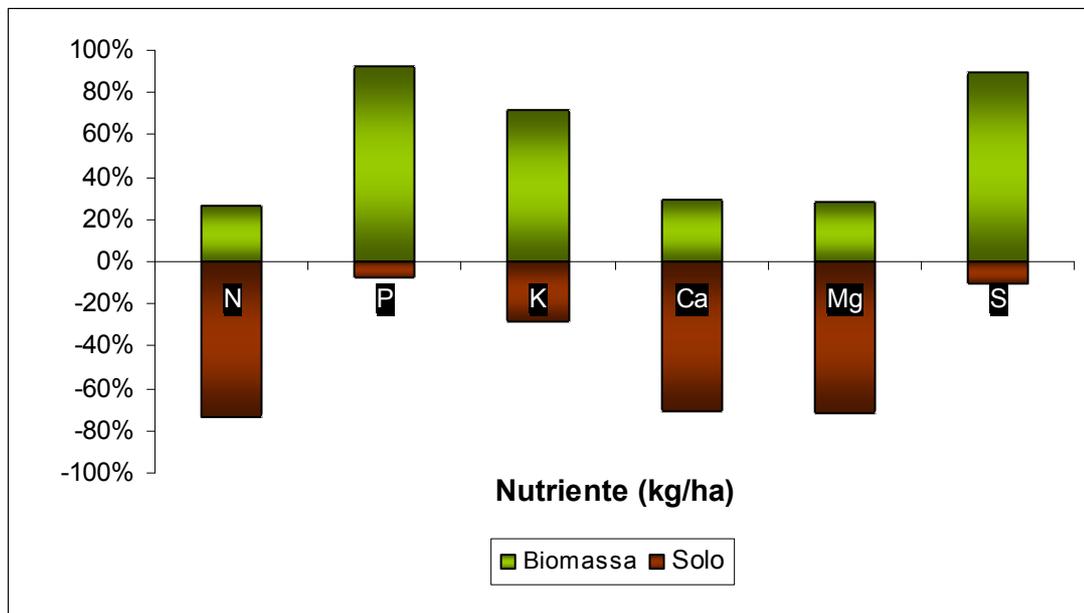


FIGURA 21 – Distribuição relativa dos nutrientes disponíveis no solo e total na biomassa acima do solo, na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

#### 4.6.2 Quantidade de macronutrientes totais no solo e na biomassa acima do solo

Na Tabela 20, estão os totais de macronutrientes estocados no solo e na biomassa acima do solo das árvores. Nota-se, nessa Tabela, que o grande reservatório de macronutrientes da floresta estudada, está no solo, em especial P e K, com 95,3 e 98,0% respectivamente.

TABELA 20 – Estoque total de nutrientes no solo e na biomassa acima do solo e sua distribuição relativa na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Compartimento	N	P	K	Ca	Mg	S
	----- kg ha <sup>-1</sup> -----					
<b>Biomassa acima do solo</b>	1515,1	80,1	926,5	1928,4	385,85	274,7
<b>Solo</b>	8283,0	1627,7	45682,6	7426,6	1288,8	1962,6
<b>Total</b>	9798,1	1707,8	49018,2	9355,0	1674,7	2237,3
	----- % -----					
<b>Biomassa acima do solo</b>	15,5	4,7	2,0	20,6	23,0	12,3
<b>Solo</b>	84,5	95,3	98,0	79,4	77,0	87,7
<b>Total</b>	100	100	100	100	100	100

A Figura 22 representa a distribuição relativa dos macronutrientes totais no solo e na biomassa acima do solo.

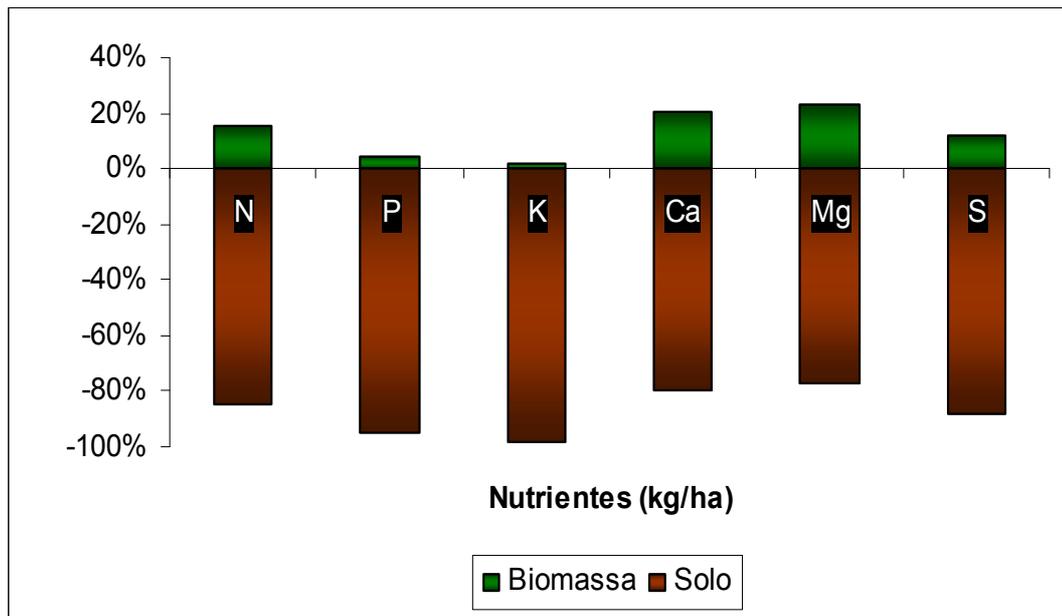


FIGURA 22 – Distribuição relativa dos macronutrientes totais no solo e na biomassa acima do solo na Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Cabe aqui ressaltar que a liberação dos nutrientes do solo depende de uma série de fatores edafo-climáticos e biológicos. Dependendo do manejo a que as áreas com florestas são submetidos, estas sofrerão diferentes graus de exaustão nutricional.

#### 4.7 Simulação da exportação de nutrientes da floresta

A colheita da biomassa acima do solo é responsável pelas maiores remoções de nutrientes do sítio florestal. Parte desses nutrientes pode ser reposta pela aplicação de fertilizantes minerais, bem como da ciclagem de nutrientes, mas dificilmente essa reposição ocorre na mesma ordem em termos quantitativos e sobretudo qualitativos, restringindo-se, na maioria dos casos, às tradicionais fórmulas NPK.

A magnitude da exportação de nutrientes vai depender sobretudo da quantidade e do teor de nutrientes da biomassa. O teor de nutrientes, como já foi discutido no item 4.3.2, pode variar em razão de vários fatores, tais como: espécie (capacidade de absorção, distribuição e utilização dos nutrientes), componentes da biomassa, solo (produtividade), estágio de desenvolvimento da floresta e condições

de desenvolvimento (densidade de espécies, competição, etc.) (Schumacher *et al.*, 2003).

Com o intuito de simular a exportação de nutrientes pela retirada da biomassa acima do solo das árvores, foram desenvolvidas duas simulações apresentadas na Tabela 21. A primeira simulação, prevê a exportação de nutrientes pela retirada da madeira do fuste e galhos. A segundo refere-se somente à retirada da madeira do fuste, permanecendo os demais resíduos sobre o solo.

Para uma melhor visualização dos resultados da Tabela 21, foi elaborada a Figura 23 com os valores em percentuais. Nessa Figura, a área à esquerda do eixo, com valores negativos em vermelho, representa a exportação de nutrientes, e à direita, com valores positivos em verde, o que permanece na floresta.

TABELA 21 – Simulação de duas intensidades de colheita de biomassa e perdas de nutrientes da Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Comp.	Relação <sup>1</sup>	Biom.	N	P	K	Ca	Mg	S
		Mg ha <sup>-1</sup>						
M + G	Exportado	193,5	1248,6	68,2	789,3	1581,6	322,8	242,7
	Permanece	16,5	266,5	11,9	137,3	346,9	63,0	32,0
M	Exportado	91,0	281,1	17,2	233,9	338,0	107,1	80,8
	Permanece	119,0	1234,0	62,8	692,6	1590,4	278,8	193,9
Total na floresta		210,0	1515,1	80,1	926,5	1928,4	385,8	274,7

M+G = madeira do fuste e galhos e M = madeira do fuste

<sup>1</sup> Relação entre o que é exportado e o que permanece na floresta, na respectiva intensidade de colheita.

Observa-se, na Figura 23, que a remoção da madeira do fuste e galhos tem como consequência uma exportação elevada de N, P, K, Ca, Mg e S da ordem de 82, 85, 85, 82, 84 e 88% respectivamente. Já se for colhido somente a madeira do fuste da floresta, estaremos removendo para fora do sistema apenas 19, 21, 25, 17, 28 e 29% de N, P, K, Ca, Mg e S respectivamente, ou seja, com a retirada somente da madeira, permanece sobre o solo a maior parte dos nutrientes sob forma de resíduos (mais de 70% dos nutrientes). Uma vez que a maior quantidade de nutrientes está no compartimento galhos, é de fundamental importância que estes

sejam deixados sobre o solo, juntamente com os demais resíduos, aproveitando-se somente a madeira do fuste (parte comercial do tronco).

Apesar da madeira do fuste reter os menores teores de nutrientes, por causa da sua elevada biomassa relativa (43,3% da biomassa acima do solo), a remoção desse componente pela colheita florestal, acarretará em uma elevada exportação de nutrientes, sobretudo, quando combinado com outros componentes como casca e galhos.

Tudo irá depender da forma de manejo ao qual as florestas nativas são submetidas, ou seja, até que diâmetro será feito o aproveitamento. Deve-se ainda levar em consideração o uso ou não da queima para limpeza da área.

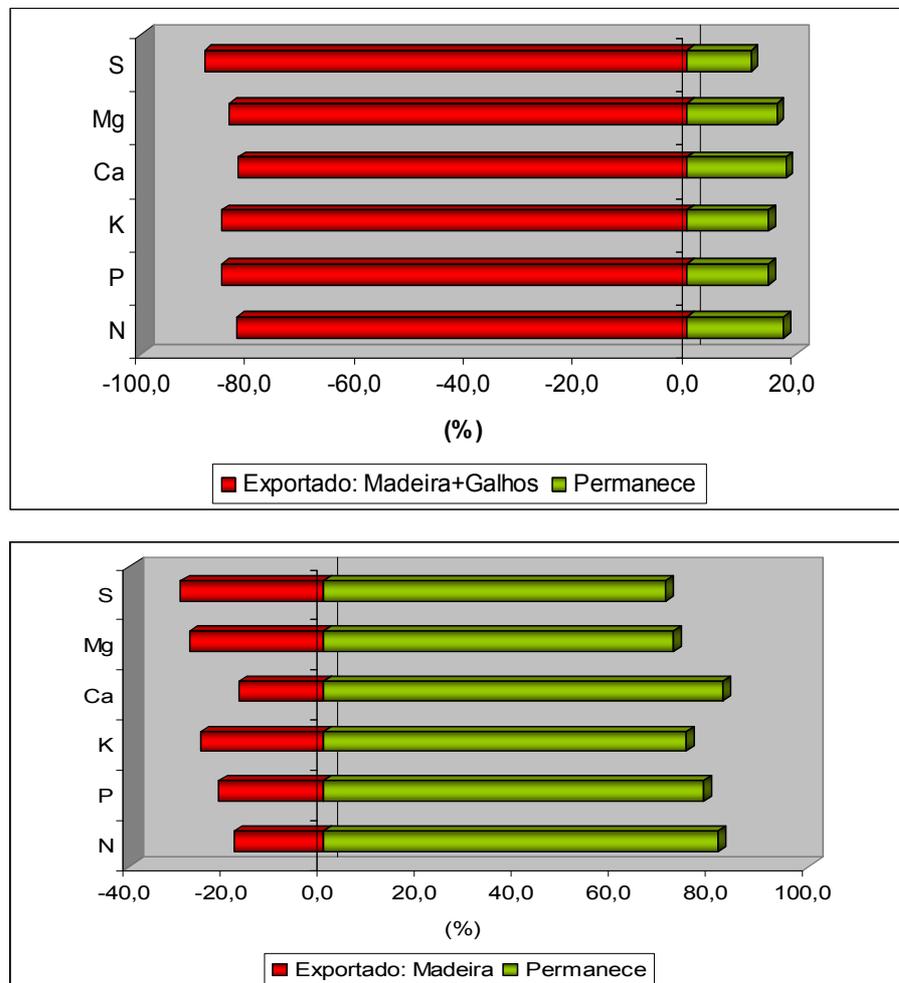


FIGURA 23 – Representação da Simulação de duas intensidades de colheita da biomassa da Floresta Estacional Decidual em Itaara-RS, Brasil.

Portanto, diante do exposto acima, quando do corte de uma floresta nativa ou plantada, os resíduos vegetais depositados sobre o solo devem permanecer

distribuídos uniformemente na superfície do solo, contribuindo para melhorar as características físicas deste, preservando a atividade biológica e reduzindo as perdas de nutrientes do sítio florestal, retirando-se da floresta somente a madeira do fuste.

## 5 CONCLUSÕES

- A equação utilizada para estimar a biomassa acima do solo para os componentes estudados obteve um ajuste satisfatório.
- A produção total de biomassa acima do solo das árvores foi de 210,0 Mg ha<sup>-1</sup>, seguindo a ordem de quantidade: galhos (48,8%) > madeira do fuste (43,3%) > casca do fuste (5,4%) > folhas (2,4%).
- As folhas foram o componente com os maiores teores de N, P, K, Mg e S, com exceção do Ca; o componente casca contém o maior teor de Ca.
- A madeira do fuste foi o componente que apresentou os menores teores de nutrientes em sua biomassa.
- Os galhos foi o componente com maior estoque de nutrientes, com mais de 55% do N, P, K, Ca, Mg e S da biomassa das árvores acima do solo.
- De um modo geral, o nutriente com maior estoque na biomassa acima do solo das árvores foi o Ca, seguido do N, fornecendo-nos a seguinte ordem de quantidade: Ca > N > K > Mg > S > P.
- No período analisado, houve grande deposição de serapilheira no início do inverno e sobretudo no início da primavera, com pico de deposição no mês de novembro. No segundo ano, apesar da menor deposição mensal, essa tendência se manteve mais ou menos constante, indicando um padrão sazonal de deposição de serapilheira nessa floresta.
- A deposição anual de serapilheira foi de até 7436,0 kg ha<sup>-1</sup>, com uma distribuição relativa 71,7% de folhas, 16,5% de galhos finos, 11,8% de miscelânea.
- Não foi verificada uma correlação significativa entre as variáveis climáticas e a deposição de serapilheira.
- A serapilheira depositada representa um grande aporte de material orgânico para o ecossistema.
- Na serapilheira, os maiores teores de N, P, K e S estão na fração miscelânea, nos galhos finos, está o maior teor de Ca, e nas folhas o Mg.
- Grandes quantidades de nutrientes estão armazenados na serapilheira, constituindo uma via importante de devolução de nutrientes para a floresta.

- As folhas constituíram o principal componente de devolução de nutrientes pela serapilheira, sobretudo o N e o Ca, seguidos do K, Mg, S e P.
- Houve variação da quantidade de deposição de folhas para o solo da floresta entre as espécies arbóreas nativas analisadas; a espécie que mais devolveu folhas no período analisado, foi a *Parapiptadenia rigida*.
- Foi constatada diferença de teores entre as espécies arbóreas nativas estudadas. Os maiores teores de N, P e Ca foram encontrados na espécie *Parapiptadenia rigida*. Os maiores teores de K, Mg e S foram encontrados na espécie *Matayba elaeagnoides*.
- Grandes quantidades de nutrientes foram devolvidos via folhas pelas espécies nativas, sobretudo N e Ca.
- No geral, ao longo dos 24 meses, a *Parapiptadenia rigida* foi a espécie que mais devolveu N, P, K, Ca e S para a floresta; a *Matayba elaeagnoides* foi à espécie que mais devolveu Mg.
- A espécie, que mais devolveu folhas e nutrientes ao longo dos dois anos de coleta, foi a *Parapiptadenia rigida*, seguida de *Ocotea pulchella*, *Matayba elaeagnoides*, *Ocotea puberula*, *Nectandra megapotamica*, *Schinus molle* e *Cupania vernalis*.
- O solo da área de estudo, de um modo geral, pode ser considerado de fertilidade média.
- No componente solo, estão os maiores estoques de N, P, K, Ca, Mg e S na floresta estudada.
- A remoção da madeira do fuste e dos galhos tem como consequência uma exportação elevada de N, P, K, Ca, Mg e S da ordem de 82, 85, 85, 82, 84 e 88% respectivamente.
- Com a colheita somente da madeira do fuste, serão removidos para fora do sistema 19, 21, 25, 17, 28 e 29% do N, P, K, Ca, Mg e S respectivamente, ou seja, mais de 70% dos nutrientes permaneceram no sítio.

## Recomendações

- Recomenda-se, para a recuperação ou o enriquecimento de uma Floresta Estacional Decidual, que teve algum tipo de degradação natural ou antrópica, do ponto de vista nutricional, o uso da *Parapiptadenia rigida* que, por ser uma espécie leguminosa e devolver grandes quantidades de nutrientes, por meio da queda de suas folhas para o solo da floresta, pode ser utilizada para esse fim.
- Quando da extração de madeira de uma floresta nativa, os resíduos vegetais depositados sobre o solo devem permanecer distribuídos uniformemente na superfície do solo, contribuindo para melhorar as características físicas e químicas deste, preservando a atividade biológica e reduzindo as perdas de nutrientes do sítio florestal, retirando-se da floresta somente a madeira do fuste.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTI, L. F.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELO, L. R.; VOGEL, H. L. M.; D'AVILA, M. e CANTARELI, E. B. Análise de solo e serapilheira em floresta Estacional Decidual, no município de Santa Maria, RS. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 8., 2000, Nova Prata. **Trabalhos completos...** Nova Prata, 2000. 1 CD-ROM

ANDRAE, F. & KRAPPENBAUER, A. Inventário de um reflorestamento de Araucária de 17 anos em Passo Fundo-RS: Inventário da biomassa e nutrientes. In: **Pesquisas Austriaco-Brasileiras 1973-1982**. Wien: Universität für Bodenkultur, 1983. p.16-55.

BARICHELO, L. R.; SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M.; DALLAGO, J. S. Quantificação dos nutrientes no solo e serapilheira de diferentes estágios sucessionais em um sistema de agricultura migratória. In: 3ª Reunião Sul-Brasileira de ciência do Solo, 2000. Pelotas - RS. **Resumos expandidos...** Pelotas, 2000. 1 CD-ROM. (a)

BARICHELO, L. R.; SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M.; DALLAGO, J. S. Quantificação da biomassa e dos nutrientes em dois estágios sucessionais em um sistema de agricultura migratória. In: Fertbio2000, 2000. Santa Maria - RS. **Resumos expandidos...** Santa Maria, 2000. 1 CD-ROM. (b)

BARICHELO, L. R. **Quantificação da biomassa e dos nutrientes em floresta de *Acacia mearnsii* De Wild. na região sul do Brasil**. Santa Maria: UFSM, 2003. 58p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2003.

BINKLEY, D. **Forest nutrition management**. USA: "A Wiley-Interscience Publication", 1986. 290p.

BRADY, N. Alternatives to slash-and-burn: a global imperative. **Agric. Ecosyst. Environ.**, 58: 3-11, 1996.

BRAY, J. R. & GORHAM, E. Litter production in forests of the world. **Advances in Ecological Research**, Londres, v. 2, p. 101-157, 1964.

BRITEZ, R.M. de; REISSMANN, 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. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 1992. p. 766-772.

BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A. E. Biomass of tropical forests of south and southeast Asia. **Can. J. For. Res.**, v. 21, p. 111-117, 1991.

BRUN, E. J.; SCHUMACHER, M. V.; VACCARO, S. Produção de serapilheira e devolução de nutrientes em três fases sucessionais de uma Floresta Estacional Decidual no município de Santa Tereza (RS). In: SIMPÓSIO DE FERTILIZAÇÃO E NUTRIÇÃO FLORESTAL, 1., 1999, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, 1999. p. 348-364.

BRUN, E. J. **Biomassa e nutrientes na floresta Estacional Decidual, em Santa Tereza, RS**. Santa Maria: UFSM, 2004. 136p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

CALDEIRA, M. V. W. **Determinação de biomassa e nutrientes em uma floresta Ombrófila Mista Montana em General Carneiro, Paraná**. Curitiba: UFPR, 2003. 176p. (Tese – Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, 2003.

COSTA, L. M. Manejo de solos em áreas florestais. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (eds.). **Relação solo eucalipto**. Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990. p. 237-302.

CUNHA, G. C. **Aspectos da Ciclagem de nutrientes em diferentes fases sucessionais de uma Floresta Estacional do Rio Grande do Sul**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1997. 86p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1997.

CAMARGO, O. A. & ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: O.A. Camargo, L.R.F. Alleoni, 1997. 132p.

CERRI, C. C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B. P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 9, n. 1, p. 1-4, 1985.

**COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC**. Recomendação de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 3. ed. Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, 1997. 224p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

FEGER, K. H. & RASPE, S. Ökosystemforschung im chwarzwald: Auswirkungen von atmogenen einträgen und Restabilisierungsmassnahmen auf den Wasser- und Stoffhaushalt von Fichtenwäldern. In: Raspe, Feger und Zöttl (Hrsg). **Verbundprojekt ARINUS**: Landsberg: Umweltforschung in Baden-Württemberg, 1998. p. 1-18.

FIGUEIREDO FILHO, A.; MORAES, G. F.; SCHAAL, L. B. e FIGUEIREDO, D. J. Avaliação estacional da deposição de serapilheira em uma floresta ombrófica mista localizada no sul do estado do Paraná. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 11-18, 2003.

FUNDAÇÃO CENTRO DE EXPERIMENTAÇÃO E PESQUISA FECOTRIGO – **FUNDACEP FECOTRIGO** – Treinamento em manejo da fertilidade do solo em sistema plantio direto. PETRERE, C. (coord.). Cruz alta, 2002. 18p.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T. CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. L.; DUEVER, M. J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta Tropical Úmida**. São Paulo: EPU, Editora da USP, 1978. 256p.

GONÇALVES, J. L. de M. & MELLO, S. L. de M. O sistema radicular das árvores. In: GONÇALVES, J. L. de M. & BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 219-267.

GONÇALVES, J. L. M. & VALERI, S. V. Eucalipto e Pinus. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. V.; ABREL, C. A. (eds.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 394-423.

HIREMATH, A. J.; EWEL, J. J.; COLE, T. G. Nutrient use efficiency in three fast-growing tropical trees. **Forest Science**, 48 (4), p. 662-672, 2002.

HÖLSCHER, D. Shifting cultivation in Eastern Amazônia: a case study on the water and nutrient balance. **Plant Research and Development**, v. 46, p. 68-87, 1997.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979. 272p.

KLEIN, R. M. Síntese ecológica da floresta estacional da bacia do Rio Jacuí e importância do reflorestamento com essências nativas (RS). In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 5., 1984, Nova Prata. **Anais...** Nova Prata, 1984. p. 265-278.

KÖNIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; SELING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta Estacional Decidual no município de Santa Maria-RS. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, p. 429-435, 2002.

KOZLOWSKI, T.T.; KRAMER, P.J.; PALLARDY, S.G. **The physiological ecology of woody plants**. San Diego: Academic Press, 1991. 657p.

KRAMER, R. J.; KOSLOWSKI, T. T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Kalouste Gouldbenkian, 1972. 745p.

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

LINDMAN, C. A. M.; FERRI, M. G. **A vegetação no Rio Grande do Sul**. Belo Horizonte, 1974. 390p.

LIMA, W. de P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo: Ed. USP, 1996. 301p.

LONGHI, S. J.; ARAUJO, M. M.; KELLING, M. B.; HOPPE, J. M.; MÜLLER, I. E BORSOI, G. A. Aspectos fitossociológicos de fragmento de floresta estacional decidual, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, v. 10, n. 2, p. 59-74, 2000.

MALAVOLTA, E. Nutrição mineral. In: FERRI, M.G. (ed.). **Fisiologia Vegetal 1**. São Paulo: EPU, 1985. p. 97-116.

MALAVOLTA, E.; et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; SAMPAIO, O. B. & GOMES, R. T. Liberação e lixiviação de nutrientes pela queima da manta orgânica de três coberturas vegetais. **Revista Árvore.**, 19, n. 2: 149-156, 1995.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. ed. Academic Press, 1995. 889p.

MELLO, F. A. F.; SOBRINHO, M. O. C. B.; ARZOLLA, S.; SILVEIRA, R. I.; NETTO, A. C.; KIEHL, J. C. **Fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1983. 400p.

MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Ed. UFLA, 2002. 626p.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 73p.

NEVES, J. C. L. **Produção e participação de biomassa, aspectos nutricionais e hídricos em plantios clonais de eucalipto na região litorânea do Espírito Santo**.

2000. 191p. (Tese – Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, RJ, 2000.

NOVAIS, R. F. de & SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa-MG: UFV, DPS, 1999. 399p.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara, 1983. 434p.

OTTO, H. J. **Waldökologie**. Ulmer: Stuttgart, 1994. 391p.

POGGIANI, F. & SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes em Florestas Nativas. In: GONÇALVES, J.L. M.; BENEDETTI, V. (Eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF/Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2000. p. 287-308.

POGGIANI, F. Alterações dos ciclos biogeoquímicos em florestas. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., São Paulo, 1992. **Anais...** São Paulo, 1992. p.734-739.

PRITCHETT, W. L. **Suelos forestales: propiedades, conservación y mejoramiento**. México: Limusa Noriega, 1990. 634p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo, Piracicaba: CERES, POTAFOS, 1991. 343p.

REISSMANN, C. B. & WISNIEWSKI, C. Aspectos nutricionais de plantios de *Pinus*. GONÇALVES, J. L. & BENEDETTI, V. (eds.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 135-166.

REITZ, R.; KLEIN, R.; REIS, R. M. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Convênio: Herbário Barbosa Rodrigues, SUDESUL e DRNR. Editora da CORAG: Companhia Rio-Grandense de artes gráficas. Porto Alegre, 1988. 525p.

REIS, M. G. F. & BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de eucalipto. In: BARROS, N. F. & NOVAIS, R. F. (eds.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Ed. Folha de Viçosa, 1990. p. 265-302

SCHUMACHER, M. V. & HOPPE, J. M. **A complexidade dos ecossistemas**. Porto Alegre: Pallotti, 1997. 50p.

SCHUMACHER, M. V.; CALDEIRA, M. V. W.; SPATHELF, P.; CAPRA, A. Quantifizierung der Biomasse und des Nährstoffgehalts bei der Restdurchforstung eines Araukarienbestandes in Quedas do Iguaçu (Paraná, Brasilien). **Forstarchiv** **73**, p. 187-194, 2002.

SCHUMACHER, M.V. Impactos ambientales de la plantaciones de pinus e eucaliptos. In: **SILVOARGENTINA I**, Governador Virasoro, Corrientes, 2000. 1 CD-Rom.

SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M.; WITSCHORECK, R.; SALVADEGO, M. **Quantificação do carbono e dos nutrientes em florestas de eucalipto de diferentes idades**. Santa Maria-RS: UFSM/CCR/DCF/FATEC, 2003. 112p. (Relatório de pesquisa). Santa Maria, 2003. 112p.

SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada à Engenharia Florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF, 1997. 217p.

SILVA, da A. P.; IMHOFT, S. del C.; TORMENA, C. A.; LEÃO, T. P. Avaliação da compactação de solos florestais. In: GONÇALVES, J. L. M. & STAPE, J. L. (eds.) **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 351-372

STRECK, E. V.; KÄMPF, N. DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C.; SCHNEIDER, P. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Emater/RS - UFRGS, 2002. 107p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A. BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. (Boletim técnico, 5). Porto Alegre, 1995. 174p.

TEIXEIRA, C.B.; DOMINGOS, M.; REBELO, C.F.; MORAES, R.M. Produção de serapilheira em Floresta residual da cidade de São Paulo: Parque Estadual das Fontes do Ipiranga. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2. **Anais...** Curitiba, 1992. Parte 3, p. 785-789.

TOLEDO, L. O.; PEREIRA, M. G. & MENEZES, C. E. G. Produção de serapilheira e transferência de nutrientes em florestas secundárias localizadas na região de Pinheiral, RJ. **R. Cie. Flor.**, v. 12, n. 2, p. 9-16, 2002.

TOMÉ JÚNIOR., J.B. **Manual para interpretação de análise do solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R. e LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, Depto. De Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124p.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K. e FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta Estacional Semidecidual em Zona Ripária. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

VOGEL, H. L. M.; SCHUMACHER, M. V.; LOPES, V. G. Biomassa e nutrientes na serapilheira de uma floresta Estacional Decidual. In: 9º Congresso Florestal Estadual do Rio Grande do Sul. Nova Prata-RS, 2003. **Trabalhos completos....** Nova Prata, 2003. 1 CD-ROM.

WATTERS, R. F. **La agricultura migratoria en America Latina**. FAO: Roma, 1971. 342p. (Cuadernos de Fomento Forestal, n. 17)

## ANEXOS

ANEXO 1 – Teores ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de N, P, K, Ca, Mg e S na madeira do fuste por árvore, na Floresta Estacional em Itaara-RS, Brasil.

Número	N	P	K	Ca	Mg	S
	$\text{g kg}^{-1}$					
1	3,7	0,3	3,3	9,3	2,7	1,0
2	4,1	0,1	1,1	6,1	0,9	0,8
3	3,2	0,1	2,1	6,7	1,0	0,8
4	3,4	0,3	3,5	9,3	4,7	0,9
5	3,0	0,4	1,5	3,6	0,6	0,7
6	4,2	0,2	4,1	2,2	0,7	0,7
7	2,3	0,2	2,0	3,2	1,4	0,7
8	3,0	0,2	4,9	4,5	1,6	1,0
9	6,8	0,2	2,3	3,6	0,9	0,9
10	2,1	0,2	3,5	1,5	1,6	0,7
11	3,1	0,1	4,5	5,5	1,9	1,2
12	2,0	0,2	3,4	2,2	1,2	0,9
13	4,2	0,3	1,7	2,8	0,9	0,9
14	4,9	0,2	2,8	1,4	0,4	0,8
15	2,0	0,1	1,2	4,3	0,2	1,0
16	1,6	0,2	2,0	1,6	0,2	0,8
17	1,3	0,1	0,5	1,0	0,3	0,7
18	2,4	0,1	1,4	1,1	0,2	1,6
19	2,4	0,2	3,4	3,4	2,0	0,8
20	2,3	0,2	2,2	1,1	0,2	0,9
Média	3,1	0,2	2,6	3,7	1,2	0,9

ANEXO 2 – Teores ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de N, P, K, Ca, Mg e S na casca do fuste por árvore, na Floresta Estacional em Itaara-RS, Brasil.

Número	N	P	K	Ca	Mg	S
	$\text{g kg}^{-1}$					
1	14,0	0,5	3,9	45,0	2,9	2,6
2	19,6	0,6	6,5	27,2	4,9	1,9
3	9,1	0,4	2,9	44,0	3,3	1,8
4	9,5	0,4	4,1	18,2	4,6	0,9
5	17,2	1,0	7,0	31,2	3,6	1,6
6	21,6	0,6	4,2	29,5	1,1	1,4
7	10,0	0,5	4,0	13,3	4,8	1,1
8	11,4	0,5	6,1	17,7	3,2	2,3
9	23,2	0,6	6,5	35,1	3,1	1,3
10	9,3	0,5	4,0	30,5	3,7	0,8
11	9,4	0,4	7,3	14,8	4,1	0,6
12	5,6	0,4	4,8	44,7	3,6	1,7
13	16,4	0,7	2,7	30,3	2,0	1,7
14	14,9	0,5	3,4	6,6	0,6	1,1
15	13,6	0,4	3,9	29,3	1,5	1,5
16	5,1	0,4	5,6	9,5	0,8	0,7
17	5,4	0,4	2,7	34,0	1,3	0,3
18	15,0	0,5	5,3	16,8	0,7	1,0
19	9,9	0,5	4,6	16,7	3,2	1,0
20	10,5	0,6	2,4	3,5	0,5	0,9
Média	12,5	0,5	4,6	24,9	2,7	1,3

ANEXO 3 – Teores ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de N, P, K, Ca, Mg e S nos galhos por árvore, na Floresta Estacional em Itaara-RS, Brasil.

Número	N	P	K	Ca	Mg	S
	$\text{g kg}^{-1}$					
1	10,6	0,5	5,4	12,8	2,5	1,5
2	11,9	0,5	5,1	16,6	3,2	2,0
3	7,1	0,3	2,6	13,3	1,4	2,2
4	8,0	0,5	7,2	10,7	3,8	1,2
5	9,7	0,7	6,3	10,5	2,1	1,2
6	15,6	0,5	4,4	25,0	1,7	2,1
7	7,4	0,5	6,9	9,6	3,6	1,3
8	9,3	0,6	7,8	15,7	3,2	2,6
9	15,2	0,6	4,9	25,7	2,2	1,0
10	5,9	0,3	5,8	8,1	2,1	0,7
11	5,5	0,3	6,0	15,9	2,8	0,9
12	8,9	0,7	6,8	12,8	2,5	3,5
13	14,6	0,8	4,4	16,3	2,4	2,5
14	13,3	0,6	3,8	6,0	1,1	1,6
15	9,2	0,4	3,5	11,0	1,8	1,1
16	5,6	0,5	6,4	6,3	0,8	1,0
17	6,8	0,5	5,1	8,7	1,2	0,8
18	8,7	0,4	6,6	4,3	0,6	1,9
19	6,8	0,4	6,1	8,7	2,2	1,2
20	8,7	0,4	3,3	4,7	0,9	1,2
Média	9,4	0,5	5,4	12,1	2,1	1,6

ANEXO 4 – Teores ( $\text{g kg}^{-1}$ ) de N, P, K, Ca, Mg e S nas folhas por árvore, na Floresta Estacional em Itaara-RS, Brasil.

Número	N	P	K	Ca	Mg	S
	$\text{g kg}^{-1}$					
1	22,1	1,1	14,1	12,2	5,1	1,5
2	28,6	1,3	14,1	28,9	5,9	2,3
3	18,0	0,8	8,1	12,7	3,9	3,1
4	18,0	1,2	19,6	10,4	15,4	4,1
5	21,6	1,3	12,5	12,7	4,4	4,6
6	26,0	-	16,9	6,1	2,7	3,9
7	39,3	1,0	14,1	13,7	14,5	3,4
8	19,2	1,2	18,2	12,8	5,8	4,6
9	23,9	1,2	5,1	-	4,3	3,3
10	33,4	1,0	15,3	10,3	14,0	4,7
11	20,1	1,2	12,4	17,1	5,0	2,9
12	18,4	0,9	11,0	5,8	5,1	4,4
13	25,3	1,2	12,4	25,5	11,0	3,7
14	24,3	1,1	5,1	8,1	2,6	2,7
15	26,6	1,1	5,2	14,6	2,9	2,8
16	25,5	1,3	12,5	5,5	1,5	3,6
17	19,8	1,0	6,4	14,9	5,9	1,3
18	31,4	1,4	7,3	4,9	1,2	4,3
19	20,0	1,2	16,6	13,0	15,1	3,4
20	22,7	0,9	3,9	5,9	1,1	2,6
Média	24,2	1,1	11,5	12,4	6,4	3,4