



UFSM

Dissertação de Mestrado

**QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA E DOS NUTRIENTES
EM FLORESTA DE *Acacia mearnsii* De Wild.
NA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Leonir Rodrigues Barichello

PPGEF

Santa Maria, RS, Brasil

2003

**QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA E DOS NUTRIENTES
EM FLORESTA DE *Acacia mearnsii* De Wild.
NA REGIÃO SUL DO BRASIL**

por

Leonir Rodrigues Barichello

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado 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
Mestre em Engenharia Florestal.

PPGEF

Santa Maria, RS, Brasil

2003

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

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de
Mestrado

QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA E DOS NUTRIENTES
EM FLORESTA DE *Acacia mearnsii* De Wild.
NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Elaborada por
Leonir Rodrigues Barichello

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:

Mauro Valdir Schumacher
(Presidente/Orientador)

Fernando Teixeira Nicoloso

Solon Jonas Longhi

Santa Maria, 11 fevereiro de 2003

B252q Barichello, Leonir Rodrigues

Quantificação da biomassa e dos nutrientes em floresta de Acacia mearnsii De Wild. na região sul do Brasil / por Leonir Rodrigues Barichello ; orientador Mauro Valdir Schumacher. – Santa Maria, 2003.

____ f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2003.

1. Engenharia florestal 2. Silvicultura 3. Acácia negra 4. Biomassa vegetal I. Schumacher, Mauro Valdir, orientador II. Título.

CDU 630

Ficha catalográfica elaborada por
Alenir Inácio Goularte CRB-10/990
Biblioteca Central da UFSM

Aos meus pais,
Léo Barichello e
Idite Rodrigues Barichello.

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher, pela orientação, incessante incentivo, dedicação e amizade, sem as quais não seria possível a realização deste trabalho.

Aos co-orientadores, Prof. Dr. José Miguel Reichert e Prof. Dr. Solon Jonas Longhi, pelo apoio prestado.

À empresa Agroseta S.A. que, por intermédio do Engenheiro Florestal Elias Moreira, oportunizou a realização deste trabalho.

À banca examinadora, constituída pelo Prof. Dr. Solon Jonas Longhi e Prof. Dr. Fernando Teixeira Nicoloso, que gentilmente aceitaram o convite.

Ao Tarso Michelloti (Técnico), do Laboratório de Ecologia Florestal, pelo auxílio e dedicação na realização das análises de tecido vegetal.

À Cedinara Santana, acadêmica do curso de Engenharia Florestal, pela ajuda prestada na coleta de dados e análises químicas.

Ao Marcos Vinicius Winckler Caldeira, doutorando do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR, pelas sugestões e apoio prestado e amizade.

Ao Hamilton Vogel, doutorando do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFSM, pelo apoio prestado e principalmente amizade.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de realizar este Curso.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos colegas da Pós-Graduação, pela convivência, companheirismo e amizade prestadas neste período, certamente perdurando.

À minha irmã Lisiane, pela ajuda e incentivo na realização deste trabalho.

À Rosilei Velho, minha namorada, pela companhia, incentivo e apoio em todas as horas, na redação deste trabalho.

A todos aqueles não-listados, mas que, de uma maneira ou outra, contribuíram para realização deste trabalho.

Meu sincero agradecimento.

A redação deste trabalho foi revisada por Catarina Bento da Costa.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	vii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE ANEXOS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 <i>Acacia mearnsi</i> De Wild.	3
2.1.1 Taxonomia	3
2.1.2 Descrição Botânica	3
2.1.3 Características morfológicas.....	3
2.1.4 Distribuição geográfica	4
2.1.5 Fatores climáticos	5
2.1.6 Fatores pedológicos e topográficos	5
2.1.7 A importância e uso da <i>Acacia mearnsii</i> para o setor florestal ..	5
2.2 Biomassa.....	6
2.2.1 Biomassa acima do solo	6
2.2.2 Biomassa abaixo do solo	7
2.3 Nutrientes na planta	8
2.5 Implicações ecológicas e silviculturais	10
3 MATERIAL E METODOLOGIA.....	13
3.1 Caracterização da área	13
3.1.1 Localização.....	13
3.1.2 Clima.....	14
3.1.3 Relevo.....	14
3.1.4 Solo.....	14
3.1.5 Inventário da área experimental	16
3.1.5.2 Distribuição diamétrica.....	16

3.1.5.3 Altura das árvores.....	17
3.2 Biomassa.....	17
3.2.1 Biomassa acima do solo	17
3.2.2 Biomassa abaixo do solo	18
3.3 Serapilheira	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1 Inventário da área experimental	20
4.1.1 Número de árvores	20
4.1.2 Distribuição diamétrica.....	21
4.1.3 Altura das árvores.....	22
4.2 Biomassa.....	22
4.3 Nutrientes	26
4.3.1 Nutrientes nas plantas	26
4.3.2 Conteúdo de nutrientes.....	30
4.4 Serapilheira	32
4.5 Implicações ecológicas e silviculturais	33
5 CONCLUSÕES.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXOS	50

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Valores médios das características do solo em um povoamento de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	15
TABELA 2 – Parâmetros das parcelas medidas no campo (número de árvores por hectare e percentagem de falhas) em uma floresta de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.	20
TABELA 3 – Classes de diâmetro e frequência de árvores encontrada em uma floresta de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.	21
TABELA 4 – Coeficientes da equação ajustada para cada componente e seus respectivos coeficientes de determinação ajustados e erro padrão da estimativa, para os diferentes componentes das árvores em um povoamento de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	23
TABELA 5 – Biomassa média em $Mg\ ha^{-1}$ e percentual dos componentes das árvores de um povoamento de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	24
TABELA 6 – Valores dos teores médios de macronutrientes nos componentes das árvores de acácia-negra em um povoamento com 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	27
TABELA 7 – Valor dos teores médios de micronutrientes nos diferentes componentes das árvores do povoamento de acácia-negra com 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.	28
TABELA 8 - Valor dos teores médios e acúmulo do carbono orgânico nos componentes da biomassa e serapilheira de uma floresta de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.	29
TABELA 9 – Relação C/N dos diferentes componentes da biomassa de uma floresta de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	29

TABELA 10 – Quantidades de macronutrientes nos componentes das árvores de um povoamento de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	31
TABELA 11 – Conteúdo de micronutrientes nos componentes das árvores de acácia-negra em um povoamento com 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.	31
TABELA 12 – Valores dos teores e do conteúdo de nutrientes na serapilheira de um povoamento de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	33
TABELA 13 – Estimativa da biomassa e dos nutrientes totais retirados ou que permanecem no sítio frente a diferentes intensidades de aproveitamento da madeira e casca numa floresta de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.	34
TABELA 14 – Influência da intensidade de aproveitamento sobre o número de rotações possíveis, com base no capital de nutrientes do ecossistema em uma floresta de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.	35

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Mapa do Estado do Rio Grande do Sul com as coordenadas da área experimental.....	13
FIGURA 2 – Relação altura/diâmetro das árvores em um povoamento de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	22
FIGURA 3 – Exportação de nutrientes para fora do sítio em virtude da colheita da madeira + casca com um diâmetro > 9 cm (valores em percentagem referem-se à quantidade de nutrientes exportados, considerando o estoque total das árvores) em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	36
FIGURA 4 – Exportação de nutrientes para fora do sítio em virtude da colheita da madeira + casca com um diâmetro > 7 cm (valores em percentagem referem-se à quantidade de nutrientes exportados, considerando o estoque total das árvores) em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	37
FIGURA 5 – Exportação de nutrientes para fora do sítio em virtude da colheita total da biomassa acima do solo (valores em percentagem referem-se à quantidade de nutrientes exportados, considerando o estoque total das árvores) em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	38

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – Separação das folhas dos ramos em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	51
ANEXO 2 – Madeira descascada para determinação de peso de madeira sem casca em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	52
ANEXO 3 – Escavação da área útil de cada árvore para determinação da biomassa abaixo do solo em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	53
ANEXO 4 – Raízes para determinação da biomassa abaixo do solo em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	54
ANEXO 5 – Pesagem dos componentes com balança de gancho em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	55
ANEXO 6 – Balança digital para pesagem das amostras em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	56
ANEXO 7 – Moldura utilizada na coleta da serapilheira em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.....	57
ANEXO 8 – Vista dos resíduos florestais em uma área de colheita de Acácia-negra em Minas do Leão-RS.	58

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

QUANTIFICAÇÃO DA BIOMASSA E DOS NUTRIENTES EM FLORESTA DE *Acacia mearnsii* De Wild. NA REGIÃO SUL DO BRASIL

Autor: Leonir Rodrigues Barichello

Orientador: Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 11 de fevereiro de 2003.

A acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) é uma espécie originária da Austrália que foi introduzida no Brasil com sucesso por meio de sementes vindas da África do Sul. A acácia tem vários usos, da casca é extraído o tanino e a madeira, além do uso para energia é utilizada para fabricação de celulose e papel. Este trabalho teve por objetivo a quantificação da biomassa e dos nutrientes acima e abaixo do solo, e analisar as implicações ecológicas e silviculturais frente a diferentes intensidades de colheita florestal. O presente estudo foi realizado no mês de março de 2001 em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. com 8 anos de idade da Empresa florestal AGROSETA S.A., localizado no município de Minas do Leão – RS, na Serra do Sudeste, tendo como coordenadas “centrais” 398979 E e 6646805 N. Após avaliadas as características dendrométricas, foram selecionadas e abatidas 21 árvores do povoamento, sendo quantificados a biomassa e os nutrientes nos componentes: folhas; galhos vivos, galhos mortos; casca do tronco, madeira do tronco e raízes. Foram coletadas 42 amostras de serapilheira para quantificação de biomassa e nutrientes e aberto 21 trincheiras para

determinação de análises físicas e químicas de solo. Foram determinados os coeficientes da equação $\ln y = b_0 + b_1 * \ln d$ para estimativa dos diferentes componentes da biomassa. A produção de biomassa total foi de 132,1 Mg ha⁻¹, sendo: 2,97% nas folhas, 4,59% nos galhos mortos, 9,37% nos galhos vivos, 8,28% na casca, 62,34% na madeira e 12,45% nas raízes. Essa biomassa continha um total de 583,19, 18,59, 1.812,79, 458,75, 89,39, 42,32, 4,06, 0,20, 4,79, 2,97, 0,69 kg ha⁻¹ dos elementos N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn respectivamente e 54,61 Mg ha⁻¹ de C. A biomassa de serapilheira acumulada sobre o solo foi de 25,73 Mg ha⁻¹, contendo um total de 472,95, 15,18, 332,52, 269,78, 32,60, 10,21, 0,74, 0,33, 23,05, 2,81, 0,99 kg ha⁻¹ dos elementos N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn respectivamente e 8,88 Mg ha⁻¹ de C. Na colheita florestal, se forem retirados a madeira do tronco e a casca com diâmetros superiores a 9 cm, exportam-se para fora do sítio, 33,4% do N, 31,3% do P, 53,8% do K, 38,3% do Ca e 42,2% do Mg. No caso de serem utilizados a madeira e a casca com diâmetros superiores a 7 cm, exportam-se para fora do sítio, 38,2% do N, 36,4% do P, 60,9% do K, 43,4% do Ca e 48,8% do Mg. E, ainda no caso de colher toda a biomassa acima do solo, exportam-se para fora do sítio, 88,3% do N, 93,1% do P, 87,8% do K, 84,3% do Ca e 91,0% do Mg. É de fundamental importância que os resíduos da colheita permaneçam sobre o solo, pois esses são excelente fonte de matéria orgânica e nutrientes para as rotações futuras. O sistema de manejo que causa um menor impacto ao ambiente foi a colheita da madeira e da casca das árvores até um diâmetro mínimo de 9 cm.

ABSTRACT

Graduate Program in Forestry
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

QUANTIFICATION OF THE BIOMASS AND THE NUTRIENTS IN *Acacia mearnsii* DE WILD FOREST IN THE SOUTH REGION OF BRAZIL

Author: Leonir Rodrigues Barichello

Adviser: Dr. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher

Date and Place of Dissertation Defence: Santa Maria, February 11, 2003.

The black wattle (*Acacia mearnsii* De Wild) is an originally specie of Australia that was successfully introduced in Brazil through South African seeds. The black wattle has some uses, from the bark is extracted the tannin and the wood, beyond the use for energy is used for paper and cellulose manufacturing. This study had as object the biomass and nutrients quantification above and below ground, and analyse the ecological and silviculture implications, face to different forest harvest intensity. This study was carried out in March 2001 in a 8 years old settlement of *Acacia mearnsii* De Wild, from AGROSETA S.A, in Minas do Leão county, in the southeastern mountain range, has as coordinates 398979 E and 6646805 N. After the evaluation of the dendrometrics characteristics, 21 trees were selected and cut, its biomass and nutrients in the leaves, live and dead branches, bark wood, stem wood and roots were quantified. 42 samples were collected to quantify the biomass and the nutrients, and 21 trenches were opened for the determination of physics and chemistries soil analyzes. To estimate the different components of the biomass, the coefficients of the equation $\ln = b_0 + b_1 * \ln d$, were determined. The production of total biomass was of 132.1 Mg ha⁻¹, allocated 2.97% in the leaves, 4.59% in the dead branches, 9.37% an

the live branches, 8.28% in the bark, 62.34% in the wood and 12.45% in the roots. This total biomass contained 583.2, 18.6, 1.812, 8, 458.7, 89.4, 42.3, 4.0, 0.2, 4.8, 2.9, and 0.7 kg ha⁻¹ of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn respectively, and 54.61 Mg ha⁻¹ of C. The backlog of litter biomass was 27.73 Mg ha⁻¹, containing 472.95, 15.18, 332.52, 269.78, 32.60, 10.21, 0.74, 0.33, 23.05, 2.81, 0.99 kg ha⁻¹ of N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn and Zn respectively and 8.88 Mg ha⁻¹ of C. In the forest harvest, if the stem wood and the bark with more than 9 cm of diameter will be withdraw, 33.4 % of the N, 31.3% of P, 53.8% of the K, 38.3% do Ca and 42.2% of Mg will be export outwards the site. In the case of the use of wood and the bark with diameters upper to 7 cm, we will export outwards the site 38.2% of N, 36.4% of P, 60.9% of K, 43.4% of Ca and 48.8 % of Mg. If all the above ground biomass is harvested, we will export outwards the site 88.3% of N, 93.1% of P, 87.8% of K, 83.4% of Ca and 91.0% of Mg. It is essential that the harvest residues remain upon the soil, because they are an excellent source of organic matter and nutrients for the future rotations. The management system that causes the less enviromental impacts was the wood and barck harvest of the trees with a minimum diameter of 9 cm.

1 INTRODUÇÃO

A acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild) é uma espécie originária da Austrália que foi introduzida no Brasil com sucesso por meio de sementes vindas da África do Sul. Na Região Sul, seu cultivo difundiu-se na Depressão Central, Encosta Inferior do Nordeste e Encosta do Sudeste.

A acacicultura no Rio Grande do Sul é uma atividade econômica que tem trazido consideráveis benefícios ao Estado. Atualmente, a acácia-negra encontra-se entre as mais importantes espécies para os setores de produção abrangidos pela Ciência Florestal, juntamente com os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, sobretudo em consequência da ampla utilização dessa matéria-prima.

A acácia tem vários usos que vão da casca até a madeira. Da casca, é extraído o tanino usado para o curtimento de couro e peles e na produção de anti-corrosivos e no tratamento de águas; a madeira, além do uso tradicional, como carvão e lenha, é usada como matéria-prima de superior qualidade para fabricação de celulose e papel, além de vários outros usos (Resende *et al*, 1992).

O uso em escala industrial demanda uma grande quantidade de matéria-prima, tendo como consequência a implantação de maciços florestais puros. Nesses maciços, as práticas silviculturais podem causar redução no estoque de nutrientes, comprometendo a produtividade contínua do ecossistema no decorrer das rotações de cultivo.

A quantidade de nutrientes em um ecossistema florestal é determinada pela soma dos nutrientes contidos no solo, serapilheira, vegetação de sub-bosque e acúmulo nos diferentes compartimentos das árvores (folhas, ramos, casca, lenho, etc.). Cada compartimento de uma árvore apresenta diferentes concentrações de elementos químicos em seus tecidos, geralmente, observando a tendência: folhas > casca > ramos > lenho (Schumacher & Poggiani, 1993).

A devolução de nutrientes ao solo, por meio da serapilheira e resíduos provenientes da colheita, constitui-se num fator importante do ciclo biológico de nutrientes em florestas.

A estimativa da biomassa e a determinação da quantidade de nutrientes contidos nesta podem ser usados como indicadores dos impactos provocados pela colheita florestal no ciclo biológico de nutrientes.

Especialmente nas regiões tropicais e subtropicais, é de fundamental importância que se conheça a dinâmica dos nutrientes nos diversos compartimentos de um ecossistema florestal, assim pode-se usar um sistema de manejo cuja sustentabilidade venha ser assegurada (Schumacher, 1996).

Apesar da acácia-negra ser plantada há mais de 50 anos no sul do Brasil, os estudos sobre ciclagem de nutrientes são raros. Nesse sentido, o presente estudo, envolvendo um povoamento de acácia-negra aos 8 anos de idade, teve como objetivos:

a) Quantificar a biomassa acima e abaixo do solo e sua distribuição nos diferentes componentes da planta.

b) Determinar o conteúdo de nutrientes estocados na biomassa.

c) Analisar as implicações ecológicas e silviculturais frente a diferentes intensidades de colheita florestal.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Acacia mearnsi* De Wild.

2.1.1 Taxonomia

A espécie pertence à família *Leguminosae*, subfamília *Mimosoideae*. É conhecida no Brasil por acácia-negra, na Argentina por acácia-centenário (Kannegiesser, 1990) e na Austrália por black-wattle (Brenan & Melville, *apud* Marchiori, 1997).

2.1.2 Descrição Botânica

Acacia mearnsii pode ser uma árvore de porte médio, (Marchiori, 1997), arbusto grande ou uma árvore pequena com ramos recorrentes, que geralmente atinge uma altura de 6 a 10 m, mas pode atingir até 15 m de altura (Boland *et al.*, 1989), podendo alcançar uma altura entre 20 e 25 m (Turnbull, 1986).

A casca de árvores velhas possui cor café-escuro, fissurada e dura, mas em indivíduos mais jovens e nas partes altas do fuste, em povoamentos mais velhos, a casca possui cor café-acinzentado, mas fina e lisa (Kannegiesser, 1990). A casca pode também ter uma cor castanho-escuro, dividida em pequenas placas (Marchiori, 1997).

2.1.3 Características morfológicas

A acácia-negra possui ramos angulosos; brotações amareladas pubescentes; ramos terminais, com 1,7 cm de diâmetro, muito angulosos, com pubescência cinzento-claro (Mattos, 1980). As folhas são pecioladas, alternas, bipinadas e compostas com 9 a 20 pares de pinas subpostas, cada um com 15 a 70 pares de folíolos largos arredondados, lineares

muito pequenos e de cor verde-escuro; folíolos densamente colocados, tocando-se pelos bordos, ou quase, pubescentes (Boland *et al.*, 1989).

A madeira de acácia-negra apresenta anéis de crescimento pouco visíveis. O alburno é de cor café-pálido e o cerne, café-claro com manchas avermelhadas. A durabilidade é considerada baixa a moderada (Boland *et al.*, 1989). A densidade básica média é de, aproximadamente, 0,62 a 0,63 g cm⁻³ (Bootle, 1984); o peso específico 0,70 a 0,85 g cm⁻³ (Sherry, 1971; Carvalho, 1994); a densidade da madeira seca ao ar, segundo Bootle (1984) varia entre 0,55 e 0,80 g cm⁻³.

2.1.4 Distribuição geográfica

A espécie é originária do Sudeste da Austrália, encontrada sobretudo nas terras baixas, nas planícies costeiras e nos pequenos declives dos planaltos adjacentes perto de Sydney, New South Wales, Victoria, do Sul até o Sudeste da Austrália Meridional e Tasmânia (Boland *et al.*, 1989). No Brasil, os plantios de acácia-negra estão em altitudes que variam de 5 a 1.000 metros sobre o nível do mar (Mantoefel, 1991).

As acácias ocorrem e são cultivadas nas regiões tropicais e subtropicais da América do Sul, África do Sul, Ásia e Austrália, por outro lado não se encontram nas floras da Europa, Nova Zelândia e Antártica (Boland *et al.*, 1989).

No sul do Brasil, existem diversas espécies de acácias que são cultivadas para a produção de tanino, fins ornamentais e conservacionistas. Dentre essas, destacam-se *Acacia mearnsii* De Wild., *Acacia decurrens* (Wendl.) Wiled., *Acacia dealbata* Link., *Acacia melanoxylon* R. Br., *Acacia podalyriifolia* Cunn., *Acacia longifolia* (Andr.) Wiled. (Marchiori, 1990).

2.1.5 Fatores climáticos

A acácia-negra cresce em zonas climáticas úmidas e subúmidas, quentes e frias. No Brasil, grande parte dos plantios de acácia-negra estão na região fisionômica natural do Rio Grande do Sul, denominada de Serra do Sudeste (Escudo Rio-Grandense) e Depressão Central (Caldeira, 1998).

2.1.6 Fatores pedológicos e topográficos

Por causa da sua ampla distribuição, a acácia-negra é encontrada na Austrália nos mais diferentes tipos de solos e topografia. Sua adaptabilidade com relação a solos é provavelmente a causa do sucesso de sua implantação em todo o mundo.

2.1.7 A importância e uso da *Acacia mearnsii* para o setor florestal

A utilidade da acácia-negra para o setor florestal é vasta, pois serve para produção de lenha para energia, madeira, polpa, papel rayon, celulose, aglomerado, carvão, chapas de fibras, parques, cavacos e tanino (Sherry, 1971).

Em razão do seu rápido crescimento e do seu potencial na melhoria da qualidade do solo, a acácia-negra tem sido usada no controle da erosão e na melhoria da fertilidade do solo (Waki *apud* Kannegiesser, 1990). A utilização dessa espécie na recuperação de solos degradados é em razão da capacidade de fixação de N_2 atmosférico, pois microrganismos fixadores de N_2 atmosférico, como bactérias do gênero *Rhizobium* que se associam às raízes finas reduzem o nitrogênio e o tornam disponível às plantas. A estimativa da fixação de N_2 atmosférico em acácia-negra, conforme Auer & Silva (1992), é aproximadamente $200 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Em trabalho realizado por Freddo (1997), verificou-se que a acácia-negra mostra indicações de ter menos problemas para o branqueamento de sua celulose por seqüências TCF (Totally Chlorine Free) em relação a outras espécies como *E. dunnii*, *E. globulus*, *E. grandis* e *E. saligna*. Segundo o autor, isso é em razão da madeira de acácia-negra possuir teores baixos de ferro, manganês, níquel e silício.

2.2 Biomassa

Para se desenvolverem e acumularem biomassa, as plantas superiores necessitam de energia solar, CO₂, O₂, água e elementos minerais como: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, cobre, cloro, ferro, manganês, molibdênio, zinco, cloro, Níquel (Haag, 1987).

A acumulação de biomassa é afetada por fatores ambientais e fatores da própria planta. Para Kramer & Kozlowski (1972), a acumulação de biomassa é influenciada por todos aqueles fatores que afetam a fotossíntese e a respiração. Segundo eles, os principais fatores são luz, temperatura, concentração de CO₂ 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 hidratos de carbono.

2.2.1 Biomassa acima do solo

No desenvolvimento inicial de uma floresta, grande parte dos carboidratos são utilizados na produção de biomassa da copa (Andrae, 1978), no entanto, à medida que a floresta cresce ocorre uma redução gradual da biomassa de copa e simultaneamente um aumento na

proporção da biomassa de madeira e casca, representando, em média, mais de 80% da biomassa acima do solo em um povoamento maduro. (Schumacher & Hoppe, 1997).

Para Reis *et al.* (1985), a proporção de biomassa e nutrientes na madeira do tronco depende do tipo de solo, espécie e da densidade populacional. Pois, em sítios de melhor qualidade, esses autores encontraram que a madeira constitui 60% da biomassa total, enquanto, em sítios de pior qualidade, a madeira constitui apenas 45% da biomassa total. Essa diferença na biomassa de madeira se deve sobretudo à alocação de assimilados para a produção de raízes.

2.2.2 Biomassa abaixo do solo

O sistema radicular, além de fornecer suporte à planta, é responsável pelo fornecimento de água e nutrientes. Desse modo, influenciam no desenvolvimento, refletindo na relação biomassa abaixo do solo/biomassa acima do solo (Andrade, 1997).

O crescimento radicular pode ocorrer independente ou não da parte aérea. Os fatores que determinam o crescimento das raízes são complexos e envolvem o estado nutricional, disponibilidade de oxigênio do solo, suprimento de carboidratos e sua alocação relativa na raiz e parte aérea (Gonçalves & Mello, 2000).

Schumacher (1995), estudando um povoamento de *Eucalyptus saligna* aos 4 e 7 anos de idade, determinou que o percentual da biomassa de raízes diminui com a idade do povoamento em relação ao percentual da biomassa aérea.

O conhecimento da quantidade de biomassa abaixo do solo e do estoque de nutrientes neste é de fundamental importância quando se vai planejar o manejo desses povoamentos.

O sistema radicular das plantas é afetado pela diminuição da porosidade do solo pelo adensamento natural dos processos pedológicos

ou por compactação pelo sistema de manejo, toxidez de alguns elementos químicos, falta de nutrientes e ao excesso de água (Demate, 1981). Nos solos compactados, a penetração radicular é dificultada em consequência da resistência mecânica e da baixa aeração do solo.

Algumas espécies arbóreas apresentam alto crescimento em solos de baixa fertilidade, sobretudo por causa do extenso sistema radicular que desenvolve, explorando grande volume de solo (Pritchett, 1979). Ainda, a associação das espécies com fungos micorrízicos e a associação com bactérias fixadoras de nitrogênio são mecanismos usados por algumas espécies arbóreas em solos degradados ou de baixa fertilidade natural (Franco *et al.*, 1994).

2.3 Nutrientes na planta

A matéria seca que constitui a biomassa é formada especialmente por esqueletos de carbono e o restante por nutrientes minerais. As concentrações variam com a espécie, fase de desenvolvimento, estado nutricional, características edafoclimáticas e com a parte do vegetal (Larcher, 1986).

Conforme Krapfenbauer *apud* Shumacher (1995), na madeira das árvores, encontram-se em média 50% de carbono, 4,3% de oxigênio, 6% de hidrogênio e 1% de elementos minerais. Segundo o mesmo autor, as ascículas e folhas, a casca, componentes florais e sementes possuem teores maiores.

A quantidade de nutrientes de um ecossistema florestal, segundo Schumacher (1995), é o somatório dos nutrientes contidos no solo, na serapilheira, na vegetação de sub-bosque e na biomassa arbórea do povoamento.

O acúmulo de nutrientes na biomassa arbórea varia de elemento para elemento em razão dos níveis de fertilidade do solo, das características nutricionais de cada espécie e da idade da floresta (Schumacher, 1992).

A concentração de nutrientes nos tecidos vegetais reflete a influência da fertilidade do solo. De forma geral, os elementos de maiores concentrações são o N, o K e o Ca, em torno de 10 a 50 g kg⁻¹ da matéria seca. Sendo que as folhas e os tecidos corticais acumulam a maior parte dos nutrientes. O lenho tem teores relativamente baixos, variando de 2 a 10 g kg⁻¹ (Larcher, 1986).

Na biomassa florestal, a distribuição de nutrientes varia ao longo do tempo. Freitas (2000) relata que, na fase juvenil, o processo é mais acelerado, estabilizando-se quando o povoamento atinge a maturidade.

Na fase inicial do crescimento das plantas, a maior parte dos nutrientes está contida nas folhas. À medida que a idade aumenta, o peso seco e o teor de nutrientes variam, ocorrendo uma translocação dos nutrientes dos órgãos senescentes para as regiões de crescimento das árvores (Haag, 1985).

As leguminosas arbóreas de rápido crescimento, pela associação com rizóbio, podem-se tornar auto-suficientes em N e também incrementar sua capacidade de absorção de nutrientes, especialmente o fósforo, pela colonização de suas raízes por fungos micorrízicos (Franco *et al.*, 1994).

Os galhos, sobretudo os jovens, são importantes compartimentos de armazenamento de nutrientes. Driessche *apud* Bellote & Silva, (2000), afirma que a concentração de nutrientes nos galhos novos é alta, sendo comparável ao das folhas, indicando uma reserva local de nutrientes a ser utilizada quando da expansão da copa, crescimento de galhos novos e folhas.

O sistema radicular, em uma floresta de Eucalipto, pode conter de 25 a 34% dos nutrientes (Reis *et al.*, 1985).

2.5 Implicações ecológicas e silviculturais

No setor florestal, o silvicultor deve conhecer todas as variáveis que interagem com o ecossistema florestal, para que este consiga obter produtividade sem degradar o ecossistema, visando a plantações futuras.

A biomassa acima e abaixo do solo têm fundamental importância na manutenção do equilíbrio do ciclo biogeoquímico, pois a planta absorve elementos minerais do solo para produção de biomassa e, posteriormente, devolve ao solo parte desses elementos na forma de serapilheira, sendo novamente absorvidos pelas raízes (Schumacher & Hoppe, 1997).

A quantidade de nutrientes exportada de um ecossistema pela colheita florestal é determinada pela interação de concentrações, proporções entre os componentes da biomassa e intensidade da colheita. Segundo Russo (1983), em reflorestamento com espécies folhosas, a biomassa lenhosa extraída representa em média 75% a 80% do peso da biomassa aérea.

As variáveis que merecem destaque são as características relacionadas com a ciclagem de nutrientes, deposição de nutrientes por meio de ramos e folhas, características microclimáticas, etc., em razão das diferentes espécies florestais. Tais variáveis deverão ter reflexo no manejo florestal empregado nos povoamentos florestais (Schumacher, 1996).

A importância da serapilheira em povoamentos florestais, nativos e implantados já foi reconhecida desde o século XIX, observando-se uma queda gradual na produtividade de florestas de coníferas, em que a serapilheira foi removida para uso como cama de animais (Pritchett, 1979).

Numa floresta, a serapilheira e os resíduos de colheita constituem a principal forma de devolução dos elementos minerais da vegetação ao

solo. Dessa devolução, mais a adubação de reposição depende a manutenção da produtividade do sítio.

A queda de folhas e outros componentes da parte aérea, que irá formar a serapilheira, se constitui num importante mecanismo de transferência de nutrientes da biomassa para o solo (Poggiani *et al.*, 1987).

A camada de serapilheira que se encontra sobre o solo depende do sítio e é influenciada pelo tipo de vegetação, sub-bosque, clima e manejo. O acúmulo é regulado pela quantidade de material que cai da parte aérea das plantas e sua taxa de decomposição, pois quanto maior a quantidade que cai desse material e quanto menor a velocidade de decomposição, maior será a camada de serapilheira.

A serapilheira é composta por folhas, caules, ramos, frutos, flores e outras partes da planta, bem como restos de animais e material fecal. Esta sofre um processo de decomposição dos tecidos orgânicos, resultando na liberação de elementos minerais (Golley *et al.*, 1975).

A queda das folhas é causada pela senescência resultante de uma série de processos metabólicos ligados à fisiologia de cada espécie e por estímulos vindos do ambiente, tais como: fotoperíodo, temperatura, estresse hídrico, etc. Nas regiões temperadas e frias, a chegada dos dias mais curtos do outono desencadeia a queda total ou parcial das folhas (Kramer & Kozlowski, 1972).

No geral, o K é o nutriente de mais rápida liberação da serapilheira em todos os ecossistemas e os mais lentos são o N e o P, com exceção do Mg que é de mais lenta liberação na floresta de coníferas boreais (Andrade, 1997).

A serapilheira e as raízes finas (< 2,0 mm) senescentes são a principal fonte de material orgânico para o ciclo de decomposição que ocorre no solo. A ciclagem biogeoquímica (solo-planta-solo) de nutrientes tem um efeito estimulante ao crescimento das raízes finas na superfície

do solo, em consequência da formação de um microambiente propício ao seu crescimento (Gonçalves & Mello, 2000).

Ainda conforme os mesmos autores, a serapilheira, ao se decompor, libera nutrientes nas camadas superficiais do solo, enquanto as raízes finas, tendo um teor de nutrientes próximo aos encontrados nas folhas, ao se decompor, formam no solo microrregiões mais férteis, sendo ocupadas posteriormente por novas raízes.

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, queimadas, erosão, etc. (Lima, 1996).

Gonçalves *et al.* (2000), trabalhando com *Eucalyptus grandis*, relatam que os resíduos florestais (folhas, galhos, casca e serapilheira), equivalem a 28% do total da biomassa acima do solo, estando contidos nestes 57% do N, 61% do P, 51% do K e 76% de Ca+Mg.

A quantidade de nutrientes exportados vão depender da espécie utilizada, da idade de corte do povoamento e da utilização total ou parcial das árvores (Poggiani, 1980).

À medida que as plantas crescem, ocorre um aumento da cobertura do solo pela parte aérea e serapilheira que se vai formando, diminuindo a ação dos processos erosivos do solo e incorporando-se carbono e nitrogênio no sistema.

3 MATERIAL E METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área

3.1.1 Localização

O presente trabalho foi realizado em um povoamento de *Acacia mearnsii* pertencente a Empresa AGROSETA S/A, localizado no município de Minas do Leão, RS.

Esse povoamento se localiza na região fisionômica natural do Estado do Rio Grande do Sul denominada Serra do Sudeste, tendo como coordenadas “centrais” 398979 E e 6646805 N.

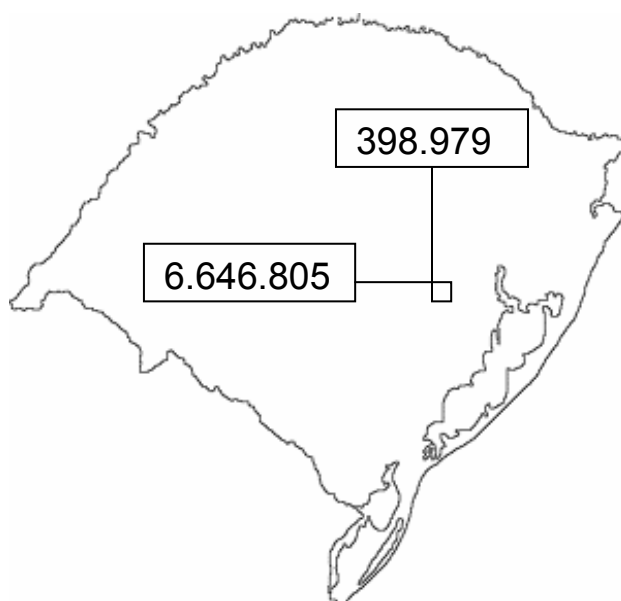


FIGURA 1 – Mapa do Estado do Rio Grande do Sul com as coordenadas da área experimental.

3.1.2 Clima

Segundo o sistema de classificação de Koeppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical (Moreno, 1961). A temperatura média do mês mais quente (janeiro) é de 24°C e a do mês mais frio (julho) é de 13°C e a temperatura média anual é de 18-19°C. A precipitação pluvial nos meses de janeiro e julho e a precipitação anual são respectivamente 120-140 mm, 120 mm e 1400 mm.

De acordo com o Instituto de Pesquisas Agronômicas (1989), a região de Minas do Leão possui, de maio a agosto, 600 horas de frio abaixo de 10°C e 200 horas de frio de maio a agosto abaixo de 7°C. Em relação ao número de dias de chuvas, os meses de janeiro e julho têm 10 dias chuvosos. Anualmente, essa região tem 110 dias de chuva. A umidade relativa do ar, radiação solar e insolação anual são respectivamente 75-80%, 350 cal cm⁻² dia⁻¹ e 2400 horas.

3.1.3 Relevo

A Serra do Sudeste abrange a parte montanhosa do Estado do Rio Grande do Sul, tendo altitude média de 300 metros, subindo ocasionalmente até 600 metros em relação ao nível do mar (Rambo, 1994). A área experimental possui uma altitude média de 205 metros sobre o nível do mar

3.1.4 Solo

Para a caracterização do solo na área experimental (Tabela 1), foi aberto próximo a cada árvore amostrada uma trincheira de 60 cm de profundidade. Em cada uma das trincheiras, a cada 20 cm, fez-se uma coleta para determinação da densidade do solo, seguida de uma coleta de solo para análise de nutrientes.

TABELA 1 – Valores médios das características do solo em um povoamento de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

	Unidades	Profundidade (cm)		
		0 – 20	21 - 40	41 - 60
Densidade solo	g cm ⁻³	1,42	1,44	1,39
Argila	g kg ⁻¹	240	350	410
Matéria Orgânica	g kg ⁻¹	23	21	14
pH (H ₂ O)		4,1	4,2	4,3
Nitrogênio	g kg ⁻¹	1,31	1,03	0,75
Fósforo	mg kg ⁻¹	8,5	3,9	2,2
Potássio	mg kg ⁻¹	120	137	91
Cálcio trocável	cmol _c L ⁻¹	0,9	0,6	0,4
Magnésio trocável	cmol _c L ⁻¹	0,4	0,3	0,3
Alumínio trocável	cmol _c L ⁻¹	2,2	3,6	4,3
Hidrogênio + Alumínio	cmol _c L ⁻¹	6,8	10,5	12,8
CTC _{efetiva}	cmol _c L ⁻¹	3,8	4,9	5,3
CTC _{pH 7}	cmol _c L ⁻¹	8,4	11,8	13,8
Saturação por bases (V)	%	20	11	7
Saturação por Alumínio (m)	%	57	73	82
Cobre	mg kg ⁻¹	1,4	1,5	1,6
Zinco	mg kg ⁻¹	0,8	0,7	0,3
Ferro	mg kg ⁻¹	346	356	227
Manganês	mg kg ⁻¹	11,6	4,4	2,0
Carbono orgânico	g kg ⁻¹	12,71	12,32	8,23

A análise da densidade do solo foi realizada conforme o método do anel volumétrico de kopecky (Kiehl, 1979). Os macro e micronutrientes e o carbono orgânico do solo foram determinados segundo a metodologia proposta por Tedesco *et al.* (1995) e Miyazawa *et al.* (1999).

Os solos da região em estudo, conforme Embrapa (1973), pertencem à Unidade de Mapeamento São Jerônimo. De acordo com Embrapa (1999), o solo da região é caracterizado como Argissolo Vermelho-Escuro, textura argilosa, relevo ondulado e substrato granito.

A unidade de mapeamento São Jerônimo é formada na sua maior parte por solos profundos, bem-drenados, de coloração avermelhada, textura franco argilosa à argilosa com cascalhos, porosos e desenvolvidos partindo de granitos. Ainda, normalmente, os solos dessa unidade são fortemente ácidos, com saturação e soma de bases baixa e com teores de matéria orgânica baixos (Embrapa, 1973).

3.1.5 Inventário da área experimental

O trabalho foi realizado no mês de março de 2001, em um povoamento instalado em 1993, com densidade inicial de 1960 plantas por hectare (3,0 m entre linhas e 1,7 m entre plantas).

Inicialmente, em uma área com condições de sítio semelhante, foram demarcadas 7 parcelas de 18 m x 24 m, nas quais foi realizado o inventário florestal, medindo o DAP (diâmetro à altura do peito) de todas as árvores da parcela e altura de 20% das mesmas. Na medição do DAP, foi utilizado fita métrica e na determinação da altura das árvores foi utilizado hipsômetro VERTEX.

3.1.5.2 Distribuição diamétrica

Com base nos dados do inventário florestal, os diâmetros foram agrupados em classes, de maneira a abranger todas as variações do povoamento. O número de classes (K) foi obtido mediante cálculos matemáticos pelo modelo: $K=1+3,3*\log n$ em que: n = número de elementos da amostra. E o intervalo de classes (h): $h=H/K$ em que: H = amplitude total ($DAP_{\text{máximo}} - DAP_{\text{mínimo}}$).

3.1.5.3 Altura das árvores

A estimativa da altura das árvores não avaliadas, foram obtidas com base no modelo de relação hipsométrica: $h=b_0+b_1/d+b_2/d^2$ em que: h = altura estimada; b_0 , b_1 e b_2 = coeficientes da equação; d = diâmetro a altura do peito.

3.2 Biomassa

A biomassa arbórea foi dividida em biomassa acima do solo e biomassa abaixo do solo.

3.2.1 Biomassa acima do solo

Na determinação da biomassa acima do solo, foram abatidas 21 árvores no povoamento, sendo escolhidas três árvores dentro de cada classe de diâmetro anteriormente determinada (5,1-8,0; 8,1-11,0; 11,1-14,0; 14,1-17,0; 17,1-20,0; 20,1-23,0 e 23,1-26,0), sendo a primeira com o DAP igual ao centro de classe, a segunda com o DAP 1 cm menor que o DAP do centro de classe e a terceira com o DAP 1 cm maior que o DAP do centro da classe. As 21 árvores abatidas tinham DAP de 5,5; 6,5; 7,5; 8,5; 9,5; 10,5; 11,5; 12,5; 13,5; 14,5; 15,5; 16,5; 17,5; 18,5; 19,5; 20,5; 21,5; 22,5; 23,5; 24,5 e 25,5 cm.

Inicialmente, escolhia-se a árvore com o DAP desejado, logo após, esta era derrubada rente ao solo, avaliando-se os seguintes componentes: folhas; galhos vivos, galhos mortos; casca do tronco e madeira do tronco.

Imediatamente após o corte, foi coletada uma amostra de folhas do terço médio da copa nos quatro pontos cardeais para determinar o fator

de umidade e para posterior análise química. Após isso, as árvores eram seccionadas e divididas em galhos, classificados em vivos (verdes) e mortos (secos), madeira e casca. Ainda dos galhos vivos eram separadas todas as folhas. Podem-se visualizar a separação das folhas e a madeira do tronco sem casca nos Anexos I e II.

Todo o material era pesado a campo com balança de gancho com precisão de 100 gramas, e as amostras eram pesadas com balança digital com precisão de 1 grama, visualizadas nos Anexos 5 e 6. Logo, as amostras eram devidamente identificadas e enviadas para análises ao Laboratório de Ecologia Florestal do Departamento de Ciências Florestais da UFSM.

No Laboratório as amostras foram armazenadas em estufa com circulação e renovação de ar à 75⁰C por um período de 72 horas, sendo resfriado em dissecadores e pesado em balança com 0,01 g de precisão. Após esse material foi moído em moinho tipo Wiley com mesh 30.

3.2.2 Biomassa abaixo do solo

Na determinação da biomassa abaixo do solo, demarcou-se a área útil de cada planta (1,7 m x 3,0 m = 5,1 m²), escavando até 60cm de profundidade, sendo separadas as raízes deste volume de solo, (Anexos 3 e 4), retirando uma amostra para determinação do fator de umidade e para posterior análise química.

As raízes foram amostradas e pesadas a campo, sendo utilizada uma balança com precisão de 1 grama para as amostras e as massas totais foram pesadas a campo com balança de gancho, possuindo uma precisão de 100 gramas.

Essas amostras também foram enviadas ao Laboratório de Ecologia Florestal para secagem, determinação de peso seco e moagem do material.

As análises químicas dos tecidos da biomassa acima e abaixo do solo (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Fe, Mn e Carbono orgânico) foram determinadas por digestão úmida e o B por digestão seca. O N e o Carbono Orgânico foram determinados por titulação. Para determinação do P, S e B, as amostras foram lidas no espectrofotômetro VIS. As amostras de K foram lidas no fotômetro de chama e as amostras de Ca, Mg, Cu, Zn, Fe e Mn foram lidas no espectrofotômetro de absorção atômica (Tedesco *et al.*, 1995; Miyazawa *et al.*, 1999).

3.3 Serapilheira

As coletas foram realizadas com o auxílio de uma moldura de ferro com dimensões de 25 cm x 25 cm (Anexo 7), em um número de 6 amostras por parcela, sendo 3 amostras na linha de cultivo e 3 amostras na entrelinha, totalizando 42 amostras na área estudada.

Todo o material encontrado no interior do coletor foi devidamente recolhido, acondicionado em sacos de papel e levado ao Laboratório de Ecologia Florestal/UFSM. No laboratório o material foi posto para secar em estufa com circulação e renovação de ar, a uma temperatura de 75°C por um período de 72 horas. Após seco, o material foi resfriado em dissecadores e pesado em balança com 0,01 g de precisão.

Logo após essas amostras foram enviadas ao Laboratório de Ecologia Florestal para secagem, determinação de peso seco e moagem do material.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Inventário da área experimental

4.1.1 Número de árvores

Considerando-se o espaçamento inicial de 1,7 m x 3,0 m, cada parcela deveria ter aproximadamente 85 árvores, totalizando 1961 árvores por hectare em densidade completa. No entanto, a percentagem de falhas faz com que aos 8 anos de idade tem-se apenas 57,84 % do número total de árvores inicialmente plantadas (Tabela 2).

TABELA 2 – Parâmetros das parcelas medidas no campo (número de árvores por hectare e percentagem de falhas) em uma floresta de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

Parcela	N parcela ⁻¹	N ha ⁻¹	Falhas (%)
1	58	1343	31,54
2	47	1088	44,52
3	52	1181	39,80
4	47	1088	44,52
5	35	810	58,69
6	53	1227	37,44
7	52	1204	38,62
Média	49	1134	42,16

Caldeira *et al.* (2001), trabalhando em povoamentos jovens de acácia-negra encontrou uma percentagem de falhas menor. Aos 2,4 anos de idade, encontrou uma percentagem de falhas de 16,47%.

Essas falhas podem ser atribuídas a vários fatores tais como: qualidade de mudas, sistema de plantio, condições edafoclimáticas, aspectos genéticos, doenças (sobretudo gomose), pragas, etc.

4.1.2 Distribuição diamétrica

Com base nos dados do inventário florestal, em razão da amplitude dos dados, foi possível determinar 7 classes diamétricas, com intervalo de 3,0 cm em cada classe (Tabela 3).

TABELA 3 – Classes de diâmetro e freqüência de árvores encontrada em uma floresta de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

Intervalo de classe	Centro de classe	Freqüência ha ⁻¹	%
5,1 – 8,0	6,5	76	6,70
8,1 – 11,0	9,5	274	24,14
11,1 – 14,0	12,5	347	30,57
14,1 – 17,0	15,5	245	21,59
17,1 – 20,0	18,5	146	12,86
20,1 – 23,0	21,5	40	3,52
23,1 – 26,0	24,5	7	0,62
5,1 – 26,0	15,5	1135	100,00

Observa-se na Tabela 3 que apenas 6,70% dos indivíduos não ultrapassam 8,0 cm de DAP e que apenas 4,14% deles ultrapassam 20cm de DAP. Estando a grande maioria dos indivíduos, 89,16%, nas classes

de DAP entre 8,1 e 20,0 cm, sendo que a maior frequência encontrada está na classe 11,1 a 14,0 cm de DAP.

4.1.3 Altura das árvores

O modelo $h=b_0+b_1/d+b_2/d^2$ obteve um ajuste de 64% dos dados, sendo que seus coeficientes são: $b_0 = 23,86360$; $b_1 = -130,09154$; $b_2 = 240,23595$.

A relação altura/diâmetro explicadas pelo modelo podem ser visualizadas na Figura 2.

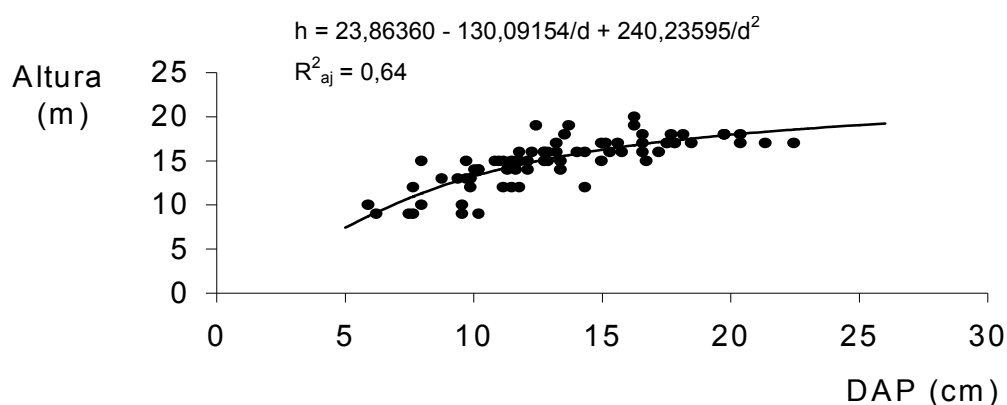


FIGURA 2 – Relação altura/diâmetro das árvores em um povoamento de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

4.2 Biomassa

Com o uso do modelo $\ln y = b_0 + b_1 * \ln d$, (em que: $\ln y$ = logaritmo neperiano do componente; b_0 e b_1 = coeficientes da equação; $\ln d$ = logaritmo neperiano do diâmetro da árvore a 1,30 metros de altura),

foi possível estimar com precisão a biomassa seca dos diferentes componentes das árvores de acácia-negra.

Os coeficientes da equação bem como os coeficientes de determinação ajustados e erro padrão da estimativa são apresentados na Tabela 4.

TABELA 4 – Coeficientes da equação ajustada para cada componente e seus respectivos coeficientes de determinação ajustados e erro padrão da estimativa, para os diferentes componentes das árvores em um povoamento de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

Componente	b_0	b_1	$R^2_{aj.}$	S_{xy}
Folhas	-6,079945	2,725821	0,94	0,308
Galhos Mortos	-4,787468	2,391665	0,83	0,496
Galhos Vivos	-4,419231	2,556727	0,96	0,221
Casca	-3,554820	2,193076	0,98	0,126
Madeira	-2,243429	2,456110	0,99	0,125
Raízes	-2,796042	2,085428	0,93	0,259
Total	-1,575087	2,388265	0,99	0,107

O modelo de regressão utilizado consegue explicar significativamente a variação dos dados dos diferentes componentes das árvores. Isso pode ser evidenciado por causa dos altos valores do coeficiente de determinação ajustados e ao erro padrão da estimativa ser baixo.

Segundo Schneider (1997), o coeficiente de determinação expressa a variação total dos dados explicada pela regressão, selecionando-se a equação que contenha maior coeficiente de determinação ajustado.

A produção de biomassa pelos órgãos da planta seguiram a seguinte ordem: madeira > raízes > galhos vivos > casca > galhos mortos > folhas (Tabela 5). Nesse povoamento, a biomassa do componente folha é menor que os demais, diferente de uma floresta em idade juvenil, onde Caldeira (1998), trabalhando em um povoamento de acácia-negra, procedências Batemans Bay e Bodalla aos 2,4 anos de idade, encontrou a seguinte ordem: madeira > folhas > galhos vivos > casca > galhos mortos.

TABELA 5 – Biomassa média em Mg ha⁻¹ e percentual dos componentes das árvores de um povoamento de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

Componente	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	Percentagem
Folhas	3,92	2,97
Galhos Mortos	6,07	4,59
Galhos Vivos	12,37	9,37
Casca	10,93	8,28
Madeira	82,35	62,34
(total acima do solo)	115,64	87,55
Raízes	16,46	12,45
TOTAL	132,10	100,00

Pereira *et al.* (1997), registraram para a biomassa acima do solo de um povoamento de acácia-negra aos 9 anos de idade, a seguinte ordem de distribuição: madeira > casca > galhos vivos > folhas > galhos mortos.

O percentual de biomassa nos diferentes compartimentos de uma árvore variam com a idade. Schumacher (1995) observou que, em uma floresta de *Eucalyptus saligna*, a biomassa de copa e raízes diminui com o passar do tempo. Aos 4 anos de idade a biomassa estava distribuída 9% nas folhas, 7% nos ramos, 8% na casca, 60% na madeira e 16% nas

raízes, enquanto que para a mesma espécie aos 7 anos de idade a biomassa estava distribuída 3% nas folhas, 5% nos ramos, 7% na casca, 74% na madeira e 11% nas raízes.

A biomassa acima do solo representou 87,5% da biomassa total das árvores do povoamento, sendo que o fuste (madeira + casca) e a copa (folhas, galhos vivos e galhos mortos) representam 70,6 e 16,9% respectivamente, da biomassa total do povoamento.

A biomassa do componente raízes foi muito semelhante ao encontrado por Krapfenbauer & Andrae (1982), trabalhando com araucária aos 17 anos de idade, evidenciando que a biomassa de raízes representa 12,4% da biomassa total das plantas. Valores semelhantes também foram encontrados por Neves (2000), o qual constatou que a biomassa de raízes representa 11,4% do total da biomassa das plantas de eucalipto.

Caldeira (1998), trabalhando com procedências de acácia-negra aos 2,4 anos de idade, relata que, na procedência Batemans Bay, o fuste representa aproximadamente 58%, na procedência Bodalla 57% e na procedência Lake George 61% da biomassa total, enquanto que as folhas e os galhos representam aproximadamente 42, 43 e 39% da biomassa total, respectivamente, nas três procedências.

Conforme trabalho realizado por Pereira *et al.* (1997), em um povoamento de acácia-negra aos 9 anos de idade, a biomassa acima do solo foi de 158,5 Mg ha⁻¹, dos quais 87,7% pertencem ao fuste (madeira mais casca) e que apenas 12,3% à copa (folhas, galhos vivos e galhos mortos). Além disso, a distribuição da biomassa obteve a seguinte ordem: madeira > casca > galhos vivos > folhas > galhos mortos, nos quais as quantidades foram 125,0, 13,9, 11,2, 4,2 e 4,0 Mg ha⁻¹, respectivamente, para os componentes das árvores.

Schumacher (1998), trabalhando com um povoamento de *Eucalyptus globulus* aos 4 anos de idade, evidenciou que a biomassa dos

componentes folhas e ramos representam 28% da biomassa acima do solo.

Baggio & Carpanezzi (1997), trabalhando com bracatingais na Região Metropolitana de Curitiba, relatam que 85,4% da biomassa acima do solo tem diâmetros superiores a 3 cm e 14,6% pertencem aos galhos e folhas.

4.3 Nutrientes

As diferentes concentrações de nutrientes observadas em diferentes espécies florestais podem ser atribuídas às características genéticas de cada espécie e às condições edáficas em que os povoamentos se encontram em desenvolvimento.

4.3.1 Nutrientes nas plantas

Os nutrientes são distribuídos entre os vários componentes de forma diferenciada. Flores, frutos, folhas e tecidos em crescimento apresentam maiores concentrações, enquanto que caules do extrato superior e estruturas maduras apresentam níveis mais baixos de nutrientes (Haag, 1983).

Verificou-se que as maiores concentrações de macronutrientes no povoamento de acácia-negra foram encontradas nas folhas, enquanto que as menores foram observadas na madeira, exceto o fósforo que a menor concentração foi encontrada nas raízes (Tabela 6).

O teor de N nos componentes folhas e casca foi semelhante ao encontrado por Calil (2003) e superior nos demais componentes. No entanto foi superior em todos os componentes encontrados por Neves (2000) trabalhando em plantio de eucalipto.

O alto teor de nitrogênio encontrado nas folhas de acácia-negra pode ser justificado pela capacidade que a espécie possui de fixar N₂ da atmosfera por meio de bactérias do gênero rhizobium (Franco *et al.*, 1994). O teor observado neste trabalho está acima dos valores considerados adequados para o *Eucalyptus* (Bellote & Silva, 2000).

Segundo Auer & Silva (1992), essa espécie, em solos tropicais, pode fixar até 200 kg de N ha⁻¹ no período de um ano.

TABELA 6 – Valores dos teores médios de macronutrientes nos componentes das árvores de acácia-negra em um povoamento com 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

Componente	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Folhas	30,13	1,24	18,71	11,29	2,54	1,71
Galhos Mortos	7,88	0,15	13,14	5,74	1,28	0,40
Galhos Vivos	8,45	0,38	16,00	6,73	1,31	0,43
Casca	10,32	0,24	15,10	10,33	1,39	0,49
Madeira	2,10	0,08	13,13	1,56	0,49	0,24
Raízes	4,38	0,07	13,36	4,42	0,51	0,33

As maiores concentrações de magnésio foram encontradas nas folhas (Tabela 6). Esse elemento, segundo Kramer & Kozlowski (1972), faz parte do componente fotossintético, ou seja, faz parte da estrutura da clorofila a e b, sendo comum sua maior concentração nas folhas do que em outros componentes das plantas.

A elevada concentração de macronutrientes nas folhas, em relação a outros componentes das árvores, torna este muito importante na ciclagem de nutrientes, embora apresentando um menor percentual em relação à biomassa total das árvores. Segundo Kramer & Kozlowski (1972), nas folhas encontram-se a maioria das células vivas, tendendo a

acumular maiores quantidades de nutrientes em razão dos processos de transpiração e fotossíntese.

Nas árvores de acácia-negra, os maiores teores de micronutrientes foram encontrados nas folhas, enquanto que, na madeira, os menores (Tabela 7).

TABELA 7 – Valor dos teores médios de micronutrientes nos diferentes componentes das árvores do povoamento de acácia-negra com 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

Componente	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹				
Folhas	62,45	7,73	112,57	88,43	14,00
Galhos Mortos	37,87	2,41	73,71	25,86	12,86
Galhos Vivos	50,60	2,38	64,71	25,71	13,43
Casca	57,41	1,49	65,14	28,43	6,89
Madeira	24,94	0,92	24,71	13,79	3,46
Raízes	29,40	1,47	90,71	18,34	4,57

Os teores de Cu, Fe, Mn e Zn estão dentro das variações observadas por Bellote *et al.* (2002), em plantios de acácia-negra aos 3 anos de idade

Relacionando os teores de micronutrientes nas folhas com aqueles citados por Gonçalves & Valeri (2001), para *Eucalyptus*, os teores do B e do Cu estão acima da faixa adequada, os teores do Fe e Mn estão dentro da faixa de suficiência e o teor de Zn está abaixo do considerado adequado.

O carbono orgânico variou entre 40,45% e 43,35%, sendo que o maior teor foi encontrado nas folhas (Tabela 8).

TABELA 8 - Valor dos teores médios e acúmulo do carbono orgânico nos componentes da biomassa e serapilheira de uma floresta de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

Componentes	Teores	Acúmulo
	g kg ⁻¹	kg ha ⁻¹
Folhas	433,5	1.662,00
Galhos Mortos	410,1	2.483,05
Galhos Vivos	404,5	4.916,40
Casca	407,0	4.448,19
Madeira	416,9	34.365,56
Raízes	416,4	6.736,41
Total		54.611,61
Serapilheira	345,1	8.879,47

Em função disso o componente da planta, que se decompõe mais rápido, são as folhas, seguido da casca, galhos vivos, galhos mortos, raízes e madeira (Tabela 9).

TABELA 9 – Relação C/N dos diferentes componentes da biomassa de uma floresta de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

Componente	Relação C/N
Folhas	14,39
Galhos Mortos	52,04
Galhos Vivos	47,87
Casca	39,44
Madeira	198,52
Raízes	95,07

De modo geral, os componentes da copa (folhas e galhos) e casca decompõem-se mais rápido, enquanto o tronco e raízes têm uma taxa de decomposição mais lenta.

No ciclo do carbono, o dióxido de carbono (CO₂) fixado na biomassa é liberado para a atmosfera pelo processo de decomposição, sendo que a velocidade de liberação depende de fatores externos (temperatura e umidade) e da relação C/N de cada componente da biomassa. Quanto menor for a relação C/N mais rápida vai ser a liberação de CO₂.

A rápida decomposição das folhas apresenta-se como uma excelente estratégia no processo de ciclagem dos nutrientes que auxiliam no crescimento dos diferentes componentes das árvores de acácia-negra.

4.3.2 Conteúdo de nutrientes

A madeira é o componente que possui a maior quantidade de macronutrientes, em função de ocupar 62,34% da biomassa da planta. Já nos galhos mortos ocorre o menor acúmulo, exceto para o potássio, sendo menor acúmulo nas folhas (Tabela 10).

O conteúdo de nutrientes em um povoamento florestal é consequência da concentração e da produção de biomassa nos diferentes componentes das árvores.

Num povoamento de acácia-negra aos 2,4 anos de idade, Caldeira *et al.* (2000) encontraram a maior quantidade de todos os macronutrientes nas folhas e a menor quantidade nos galhos mortos.

Observou-se que dos 3,0 Mg ha⁻¹ de macronutrientes acumulados na biomassa da acácia-negra, 19,4% foram de N; 0,6% de P; 60,3% de K; 15,3% de Ca; 3,0% de Mg e 1,4% de S.

TABELA 10 – Quantidades de macronutrientes nos componentes das árvores de um povoamento de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

Componente	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
Folhas	117,75	4,82	73,07	45,29	9,76	5,72
Galhos Mortos	41,95	0,70	80,01	31,92	7,08	2,89
Galhos Vivos	95,71	3,93	197,90	82,94	14,59	5,07
Casca	105,81	2,42	167,77	115,68	12,88	5,43
Madeira	153,69	5,45	1.071,59	110,70	37,07	17,04
Raízes	68,28	1,28	222,45	72,22	8,00	6,18
Total	583,19	18,59	1.812,79	458,75	89,39	42,32

Os maiores acúmulos de micronutrientes foram observadas na madeira, exceto para o Fe que se apresentou um maior conteúdo nas raízes (Tabela 11).

TABELA 11 – Conteúdo de micronutrientes nos componentes das árvores de acácia-negra em um povoamento com 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

Componente	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	kg ha ⁻¹				
Folhas	0,24	0,03	0,39	0,35	0,06
Galhos Mortos	0,23	0,02	0,43	0,18	0,07
Galhos Vivos	0,62	0,03	0,60	0,33	0,14
Casca	0,54	0,02	0,65	0,35	0,07
Madeira	1,95	0,08	0,92	1,40	0,27
Raízes	0,49	0,03	1,79	0,35	0,08
Total	4,06	0,20	4,79	2,97	0,69

Nesse povoamento, estão acumulados 12,7 kg ha⁻¹, sendo 31,9% de N, 1,6% de Cu, 37,7% de Fe, 23,4% de Mn e 5,4% de Zn.

4.4 Serapilheira

No povoamento de acácia-negra com 8 anos de idade, encontrou-se 25,73 Mg ha⁻¹ de biomassa seca de serapilheira acumulada sobre a superfície do solo.

Schumacher *et al.* (2002), trabalhando em um povoamento de acácia-negra aos 3 anos de idade no município de Butiá, RS, encontrou acumulado sobre o solo cerca de 12 Mg ha⁻¹.

A deposição e acúmulo de serapilheira é uma das principais formas de transferência e retorno de nutrientes da vegetação ao solo. Essa transferência influencia na manutenção da produtividade dos sítios.

Os teores e o conteúdo de nutrientes na serapilheira de um povoamento de acácia-negra aos 8 anos de idade são apresentados na Tabela 12.

Os valores dos teores dos macronutrientes seguiram a ordem: N > K > Ca > Mg > P > S. Já Caldeira *et al.* (1999), trabalhando com folheto de acácia-negra aos 9 anos de idade, e Calil (2003), trabalhando com serapilheira, encontraram a seguinte ordem: N > Ca > K > Mg > P.

Do total de 1,13 Mg ha⁻¹ de macronutrientes, 41,7% é de N, 1,3% de P, 29,3% de K, 23,8% de Ca, 2,9% de Mg e 1,0% de S.

O conteúdo de fósforo na serapilheira foi muito semelhante aquela encontrada na biomassa arbórea. Isto sugere que a presença da serapilheira é de fundamental importância na manutenção da capacidade produtiva dos sítios onde encontra-se a acácia-negra.

A distribuição dos micronutrientes na serapilheira seguiu a seguinte ordem: Fe > Mn > Zn > B > Cu. Esses micronutrientes somaram um total

de 27,92 kg ha⁻¹. A elevada concentração e conteúdo de Fe na serapilheira pode ser atribuída a contaminação com partículas de solo. Tal observação também foi feita por Neves (2000), trabalhando com serapilheira de diferentes clones de eucalipto.

TABELA 12 – Valores dos teores e do conteúdo de nutrientes na serapilheira de um povoamento de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Teores	18,38	0,59	12,92	10,48	1,27	0,40
	kg ha ⁻¹					
Acumulação	472,95	15,18	332,52	269,78	32,60	10,21
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
	mg kg ⁻¹					
Teores	28,68	12,85	895,83	109,33	38,33	
	kg ha ⁻¹					
Acumulação	0,74	0,33	23,05	2,81	0,99	

Calil (2003), trabalhando em um povoamento de acácia-negra no município de Tupanciretã, encontrou teores de Fe, Mn e Zn superiores ao observado no presente trabalho, por outro lado, os teores de B e Cu foram inferiores. Contudo, a ordem de distribuição entre eles manteve-se a mesma.

4.5 Implicações ecológicas e silviculturais

As Empresas Florestais, na sua maioria, colhem apenas o tronco, deixando os resíduos da colheita no solo para que se exporte o mínimo de nutrientes possíveis, assim mantendo a capacidade produtiva do sítio.

O material orgânico desempenha um papel importante na melhoria das condições físicas, químicas, biológicas e de fertilidade dos solos. De acordo com Schumacher & Hoppe (1997), todo e qualquer ecossistema, quando sofre ações externas, torna-se susceptível e, se não for manejado de maneira correta, pode sofrer danos irreparáveis.

Em termos ecológicos e silviculturais, o processo que menos exportaria nutrientes do sistema seria aquele em que se colheria apenas a madeira, deixando os demais componentes (folhas, ponteiros, galhos, casca e raízes) no sítio, como resíduo florestal. Entretanto, no caso da acácia-negra, em função da casca ser colhida para a produção de tanino verifica-se uma exportação maior de nutrientes do sistema.

As percentagens de biomassa e nutrientes que permanecem no sítio e são exportados, frente a diferentes intensidades de aproveitamento da madeira e casca, são apresentadas na Tabela 13.

TABELA 13 – Estimativa da biomassa e dos nutrientes totais retirados ou que permanecem no sítio frente a diferentes intensidades de aproveitamento da madeira e casca numa floresta de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

Aproveitamento	Até 9 cm de diâmetro		Até 7 cm de diâmetro		Biomassa total acima do solo	
	Biomassa	Nutrientes	Biomassa	Nutrientes	Biomassa	Nutrientes
	%		%		%	
Permanece	44	53	37	47	12	13
Retirado	56	47	63	53	88	87

Na colheita da acácia-negra, com um aproveitamento total da biomassa acima do solo são exportados 88% da biomassa e 87% dos nutrientes, mas se colhermos as madeira e casca com diâmetros superiores a 7 cm, retiram-se 63% da biomassa, representando 53% do

total dos nutrientes contidos nela, enquanto que com um grau de aproveitamento até 9 cm de diâmetro, retiram-se 56% da biomassa e apenas 47% dos nutrientes contidos no povoamento. Portanto, do ponto de vista ecológico, visando à sustentabilidade do ecossistema no passar de outros ciclos da cultura, o aproveitamento mais indicado é o aproveitamento da madeira e casca cujo diâmetro seja superior a 9 cm, pois 53% dos nutrientes contidos na biomassa permaneceriam no sítio disponíveis às rotações futuras pelo processo de decomposição gradativa do material.

Levando-se em consideração o somatório dos nutrientes contidos no solo, os nutrientes da serapilheira e aqueles dos resíduos da colheita (folhas, galhos e raízes), pode-se estimar o número de rotações possíveis em um sítio florestal.

Independente do sistema de aproveitamento escolhido, o nutriente mais limitante para as futuras rotações seria o potássio. Se o sistema escolhido for aquele onde se retira toda a biomassa acima do solo, o ecossistema possui estoque apenas para mais uma rotação. No caso de colher apenas a madeira e a casca com diâmetros maiores que 9 e 7 cm, o estoque de nutrientes possibilita consecutivamente 2,2 e 1,8 rotações (Tabela 14).

TABELA 14 – Influência da intensidade de aproveitamento sobre o número de rotações possíveis, com base no capital de nutrientes do ecossistema em uma floresta de acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

Aproveitamento	Rotações possíveis				
	N	P	K	Ca	Mg
Madeira + casca > 9 cm	49,5	9,4	2,2	9,5	10,8
Madeira + casca > 7 cm	43,1	7,9	1,8	8,3	9,3
Biomassa acima do solo	18,1	2,5	1,0	3,8	4,5

Desta forma, conclui-se que para a manutenção da produtividade do sítio, necessita-se manter depositado sobre o solo todo e qualquer resíduo orgânico proveniente do povoamento (serapilheira, folhas, galhos e raízes; ver no Anexo 8), possibilitando que os nutrientes sejam devolvidos ao solo pela decomposição dos resíduos.

A exportação de nutrientes do sítio, frente a diferentes intensidades de colheita florestal escolhidos podem ser visualizados na Figuras 3, 4 e 5.

O nutriente mais exportado nos três sistemas de manejo escolhidos é o K, seguido pelo N > Ca > Mg > P.

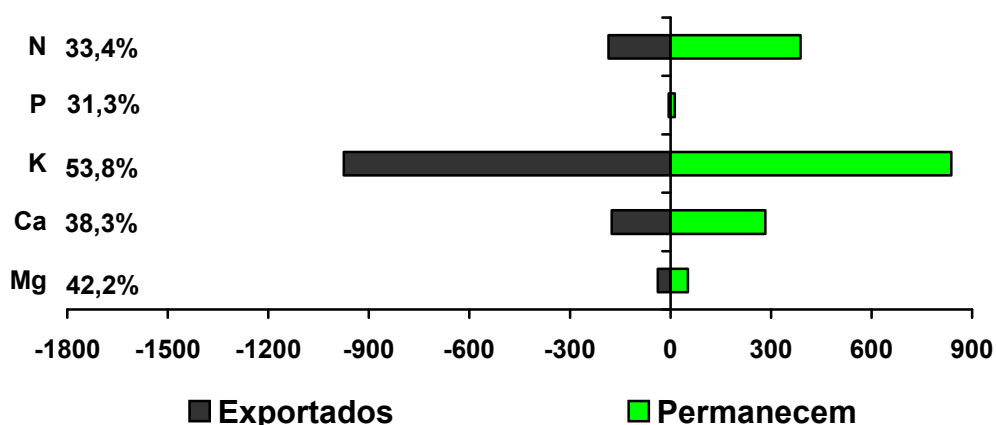


FIGURA 3 – Exportação de nutrientes para fora do sítio em virtude da colheita da madeira + casca com um diâmetro > 9 cm (valores em percentagem referem-se à quantidade de nutrientes exportados, considerando o estoque total das árvores) em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

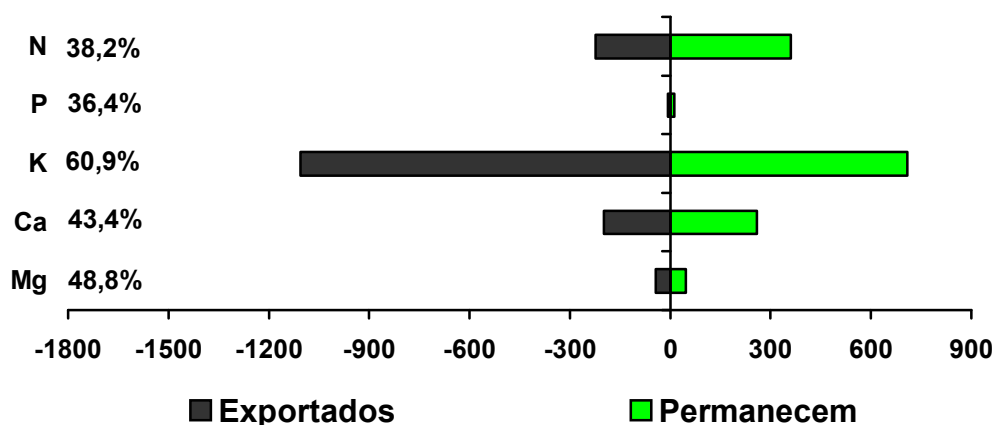


FIGURA 4 – Exportação de nutrientes para fora do sítio em virtude da colheita da madeira + casca com um diâmetro > 7 cm (valores em percentagem referem-se à quantidade de nutrientes exportados, considerando o estoque total das árvores) em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

Nos dois sistemas de manejo nos quais se colhem somente a madeira e a casca, a exportação em percentual de cada nutriente ocorre na seguinte ordem: $K > Mg > Ca > N > P$. No entanto, se for avaliado a percentagem de cada nutriente que é exportado para fora do sítio, no sistema em que se colhe toda a biomassa acima do solo, o nutriente mais exportado é o P, seguido pelo $Mg > N > K > Ca$.

Cabe aqui ressaltar que muitos acacicultores realizam a queima dos resíduos para limpeza da área após a colheita. Tal prática deve ser evitada, pois ocorre grandes perdas de N, P, K e S. O fogo acelera a liberação dos nutrientes facilitando sua perda pelo escoamento superficial, lixiviação, etc. Assim, o aproveitamento pelas novas plantas não é eficiente na maioria das vezes.

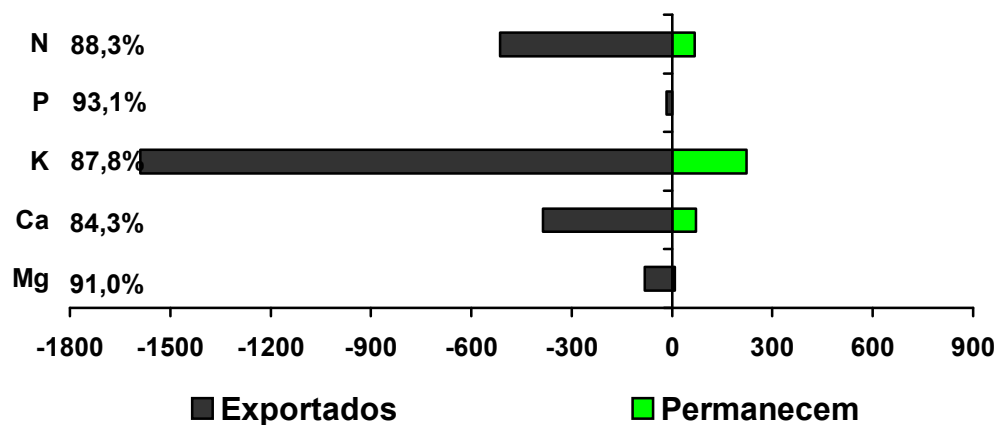


FIGURA 5 – Exportação de nutrientes para fora do sítio em virtude da colheita total da biomassa acima do solo (valores em percentagem referem-se à quantidade de nutrientes exportados, considerando o estoque total das árvores) em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.

A contínua exportação de nutrientes reduz a capacidade produtiva e desestabiliza o ecossistema, comprometendo a produtividade do sítio em futuros ciclos de produção (Reis & Barros, 1990).

Mediante a colheita de toda biomassa, é que ocorre as maiores perdas de nutrientes para fora dos ecossistemas florestais. A quantidade de nutrientes que é exportado para fora do sítio, depende sobretudo do componente da árvore que é colhido, idade do povoamento, das condições edáficas e da eficiência do processo de ciclagem de nutrientes de cada espécie (Schumacher & Hoppe, 1999).

5 CONCLUSÕES

No ambiente onde foi desenvolvida a presente pesquisa com acácia-negra aos 8 anos de idade, conclui-se que:

A produção de biomassa total foi de $132,1 \text{ Mg ha}^{-1}$, cuja distribuição foi de: 2,97% nas folhas, 4,59% nos galhos mortos, 9,37% nos galhos vivos, 8,28% na casca, 62,34% na madeira e 12,45% nas raízes.

A biomassa produzida acumulou $54,61 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C e 583,19, 18,59, 1.812,79, 458,75, 89,39, 42,32, 4,06, 0,20, 4,79, 2,97, 0,69 kg ha^{-1} dos elementos N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn respectivamente.

A biomassa de serapilheira acumulada foi de $25,73 \text{ Mg ha}^{-1}$, contendo um total de $8,88 \text{ Mg ha}^{-1}$ de C e 472,95, 15,18, 332,52, 269,78, 32,60, 10,21, 0,74, 0,33, 23,05, 2,81, 0,99 kg ha^{-1} dos elementos N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn.

O sistema de manejo que causa menor impacto ao ambiente deve basear-se na colheita da madeira e da casca até um diâmetro mínimo de 9 cm.

Por ocasião da colheita, não deve ser removida o resíduo (folhas, galhos e ponteiros), pois com a colheita deste, a sustentabilidade de produção do sítio fica significativamente comprometida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. G. **Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas**. 1997. 178p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1997.

ANDRAE, F. H. **Ecologia Florestal**. Santa Maria: UFSM, 1978. 230p.

AUER, C. G.; SILVA, R. Fixação de nitrogênio em espécies arbóreas. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.157-172.

BAGGIO, A. J.; CARPANEZZI, A. A. Biomassa aérea da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) em talhões do sistema de cultivo tradicional. **Boletim de Pesquisas Florestais**, Curitiba, n.34, p.31-44, jan./jun. 1997.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. da. Técnicas de amostragem e avaliações nutricionais em plantios de *Eucalyptus* spp. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. p.105-133.

BELLOTE, A. F. J.; SILVA, H. D. da; DEDECEK, R. A. Teores de macro e micronutrientes em Acacia negra, com três anos de idade, plantada no Estado do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPOSIO BRASILEIRA SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA

DO SOLO, 3.; 2000, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2000. 1 CD-ROM.

BOLAND, D. J.; BROOKER, M. I. H.; CHIPPENDALE, G. M.; HALL, N.; HYLAND, B. P. M.; JOHNSTON, R. D.; KLEINIG, D. A.; TURNER, J. D. **Forest trees of Australia**, Melbourne, Australia: Thomas Nelson Australia/CSIRO, 1989. 687p.

BOOTLE, K. R. **Wood in Australia**. Sydney: McGraw Hill, 1984.

CALDEIRA, M. V. W. **Quantificação da biomassa e do conteúdo de nutrientes em diferentes procedências de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.)**. 1998. 96p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; PEREIRA, J. C.; DELLA-FLORA, J. B.; SANTOS, E. M. dos. Concentração e redistribuição de nutrientes nas folhas e no folheto em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.9, n.1, p. 19-24, 1999.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; NETO, R. M. R.; WATZLAWICK, L. F.; SANTOS, E. M. dos. Quantificação da biomassa acima do solo de *Acacia mearnsii* De Wild., procedência Batemans Bay – Austrália. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.2, p. 79-91, 2001.

CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; TEDESCO, N.; SANTOS, E. M. dos. Ciclagem de nutrientes em *Acacia mearnsii* De Wild. V. Quantificação do conteúdo de nutrientes na biomassa aérea de *Acacia mearnsii* De Wild. procedência Australiana. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.6, p.977-982, 2000.

CALIL, F. N. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em um sistema silvopastoril na região de Tupanciretã.** 2003. Trabalho inédito.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas de uso múltiplos na região Sul do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORETAIS, 1., 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994. p.289-320.

DEMATE, J. L. I. Characteristics of Brazilian soils related to root growth. In: RUSSEL, R. S.; IGUE, K.; MEATA, Y, R. **The soil / root system in relation to Brazilian agriculture.** Londrina: Instituto Agrônômico do Paraná, 1981. 372p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul.** Recife, 1973. (Boletim Técnico, 30).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. SNPS **Sistema brasileiro de classificação e levantamento de solos.** Rio de Janeiro, 1999. 412p.

FRANCO, A. A.; CAMPELLO, E. F.; DIAS, L. E.; FARIA, S. M. Revegetação de áreas de mineração de bauxita em Porto Trombetas-PA com leguminosas arbóreas noduladas e micorrizadas. In: SIMPOSIO SUL-AMERICANO, 1.; SIMPOSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2., 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1994. p.145-153.

FREDDO, A. **Elementos minerais em madeiras de eucaliptos e acácia-negra e sua influência na indústria de celulose kraft branqueada.**

1997. 69p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

FREITAS, R. do A. **Estudo de biomassa e do conteúdo de nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden plantado em solo sujeito a arenização no município de Alegrete-RS.** 2000. 60p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. L.; DUEVER, M. G. **Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem.** Georgia: University of Georgia, 1975.

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: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. p.219-267.

GONÇALVES, J. L. de M.; STAPE, J. L.; BENEDETTI, V.; FESSEL, V. A G.; GAVA, J. L. Reflexos do cultivo mínimo e intensivo do solo em sua fertilidade e na nutrição das árvores. In: GONÇALVES, J. L. de M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal.** Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. p.1-57.

GONÇALVES, J. L. de M.; VALERI, S. V. Eucalipto e Pinus. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da; RAIJ, B. V.; ABREU, C. A. de. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura.** Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.393-423.

HAAG, H. P. **Nutrição mineral de *Eucalyptus*, *Pinus*, *Araucaria* e *Gmelina* no Brasil**. Campinas: Fundação Cargil, 1983. 101p.

HAAG, H. P. **Ciclagem de nutrientes em florestas tropicais**. Campinas, SP. Brasil, 1985. 114p.

HAAG, H. P. A nutrição mineral e o ecossistema. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p.49-52.

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Seção de Ecologia Agrícola. **Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 1989. v.3.

KANNEGIESSER, U. Apuntes sobre algunas acacias australianas. 1.- *Acacia mearnsii* De Willd. **Ciencia e Investigación Forestal**, v.4, n.2, p.198-202, 1990.

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

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

KRAPFENBAUER, A.; ANDRAE, F. H. Inventário de um reflorestamento de Araucária de 17 anos de idade em Passo Fundo – RS. Inventário da biomassa. In: ANDRAE, F. H.; KRAPFENBAUER, A. **Pesquisas Áustro-Brasileiras 1973-1982 sobre *Araucaria angustifolia*, *Podocarpus lambertii* e *Eucalyptus saligna***. Universidade Federal de Santa Maria / Universitaet fuer Bodenkultur, 1982. p.16-29

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, 1986. 319p.

MANTOEFEL, J. C. Reflorestamento no setor privado – Acacicultura. In: SEMINÁRIO SOBRE SITUAÇÃO FLORESTAL DO RIO GRANDE DO SUL, 1.; 1991. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC: Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado do Rio Grande do Sul, 1991. p.108-114.

MARCHIORI, J. N. C. **Anatomia das madeiras do gênero acácia, nativas e cultivadas no Estado do Rio Grande do Sul**. 1990. 226p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das angiospermas: leguminosas**. Santa Maria: Ed. UFSM, 1997. 200p.

MATTOS, N. F. Espécies conhecidas como "acácia-negra", cultivadas no Rio Grande do Sul. **Roessléria**, Porto Alegre, v.3, n.2, p.67-79, 1980.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.; MURAOKA, T.; CARMO, C. A. F. S.; MELLO, W. J. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F. C. (ed). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência e Tecnologia, 1999. p.171-223

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

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, Rio de Janeiro, 2000.

PEREIRA, J. C.; SCHUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M.; CALDEIRA, M. V. W.; SANTOS, E. M. dos. Produção de biomassa em um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v.21, n.4, p.521-526, 1997.

POGGIANI, F. Florestas para fins energéticos e ciclagem de nutrientes. **IPEF**, Piracicaba, v.2, p.11-17, 1980.

POGGIANI, F.; ZAMBERLAN, E.; MONTEIRO, JR., E.; GAVA, I. C. Quantificação da deposição de folheto em talhões experimentais de *Pinus taeda*, *Eucalyptus viminalis* e *Mimosa scaberrima* plantados em uma área degradada pela mineração do xisto betuminoso. **IPEF**, Piracicaba, v.37, p.21-29, 1987.

PRITCHETT, W. L. **Properties and management of forest soils**. New York: John Wiley and Sons, 1979. 500p.

RAMBO, B. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. 3.ed. São Leopoldo: Ed. Unisinos. 1994. 473p.

REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de Eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: UFV, 1990. p.265-301.

REIS, M. G. F.; KIMMINS, J. P.; RESENDE, G. C. de; BARROS, N. F. de Acúmulo de biomassa em uma sequência de idade de *Eucalyptus grandis* plantado no cerrado em duas áreas com diferentes produtividades. **Revista Árvore**, Viçosa, v.9, p.149-162, 1985.

RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R.; HELLER, J. B.; STEIN, P. P. Parâmetros genéticos e interação genótipo x ambiente em teste de procedência e progênies de Acácia negra (*Acacia mearnsii*). **Boletim de Pesquisas Florestais**; Colombo, n. 24/25, p. 55-65, jan./dez. 1992.

RUSSO, R. O. Mediciones de biomasa en sistemas agroforestales. In: CURSO CORTO SOBRE METODOLOGIAS DE INVENTÁRIOS AGROFORESTALES EN EL TRÓPICO HUMEDO, 1983, Cali. **Anales...** Turrialba: CATIE, 1983. p.1-27.

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

SCHUMACHER, M. V. **Aspectos da ciclagem de nutrientes e do microclima em talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell.** 1992. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1992.

SCHUMACHER, M. V. Ciclagem de nutrientes como base da produção sustentada em ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS NATURAIS DO MERCOSUL: O AMBIENTE DA FLORESTA, 1996, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, CEPEF, 1996. p.65-77.

SCHUMACHER, M. V. Estudo da biomassa e dos nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (Labillardière) subespécie *bicostata*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.22, n.2, p.281-286, 1998.

SCHUMACHER, M. V. **Naehrstoffkreislauf in verschiedenen Bestaenden von *Eucalyptus saligna* (Smith), *Eucalyptus dunnii* (Maiden) und *Eucalyptus globulus* (Labillardière) in Rio Grande do Sul, Brasilien.** 1995. 167p. Tese (Doutorado) – Viena, Áustria, 1995.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; RODRIGUES, L. M.; CALDEIRA, M. V. W. Acumulo e decomposição da serapilheira em um povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) em Butiá – RS. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 9.; SIMPOSIO BRASILEIRA SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 7.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 4.; 2002, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ/EMBRAPA, 2002. 1 CD-ROM.

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

_____. **A floresta e o solo.** Porto Alegre: Pallotti, 1999. 83p.

SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. Produção de biomassa e remoção de nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus torelliana*, plantados em Anhembi – SP. **Ciência Florestal**; Santa Maria, v.3, n.1, p. 21-34, 1993.

SHERRY, S. P. **The black wattle (*Acacia mearnsii*).** Pietermaritzburg: University of Natal Press, 1971. 402p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solos, plantas e outros materiais.** 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. (Boletim Técnico, 5)

TURNBULL, J. W. Multipurpose Australian trees and shrubs. Lesser known species for fuelwood and agroforestry. **ACIAR**, n.1, p. 316, 1986. (monograph).

ANEXOS



ANEXO 1 – Separação das folhas dos ramos em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.



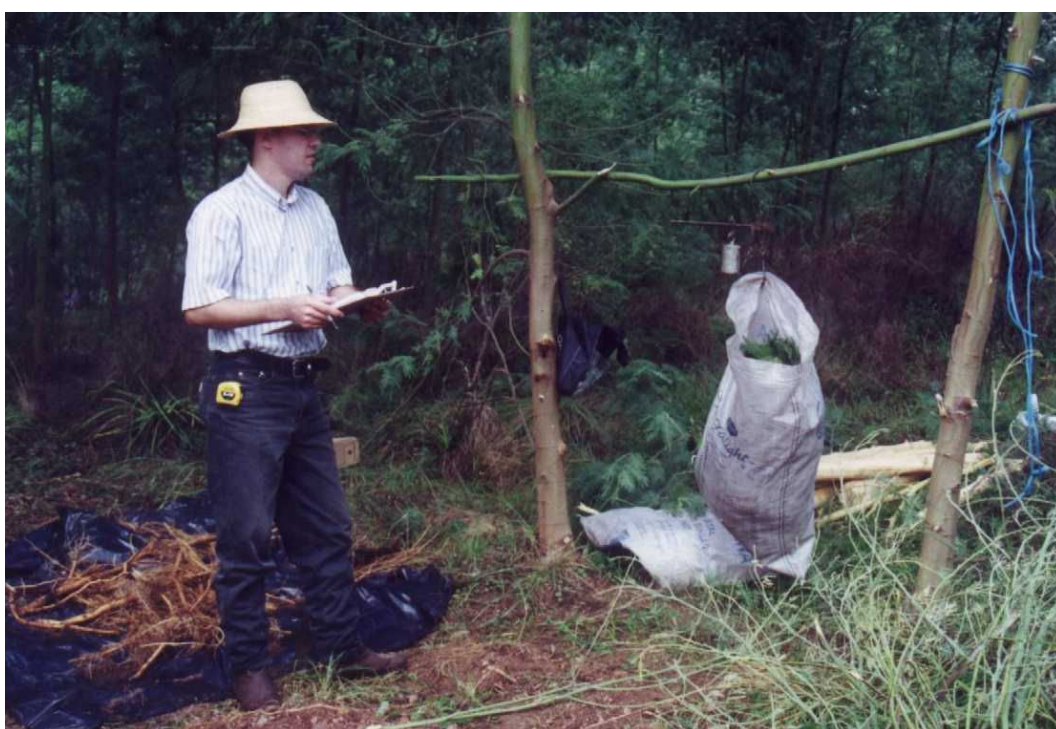
ANEXO 2 – Madeira descascada para determinação de peso de madeira sem casca em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.



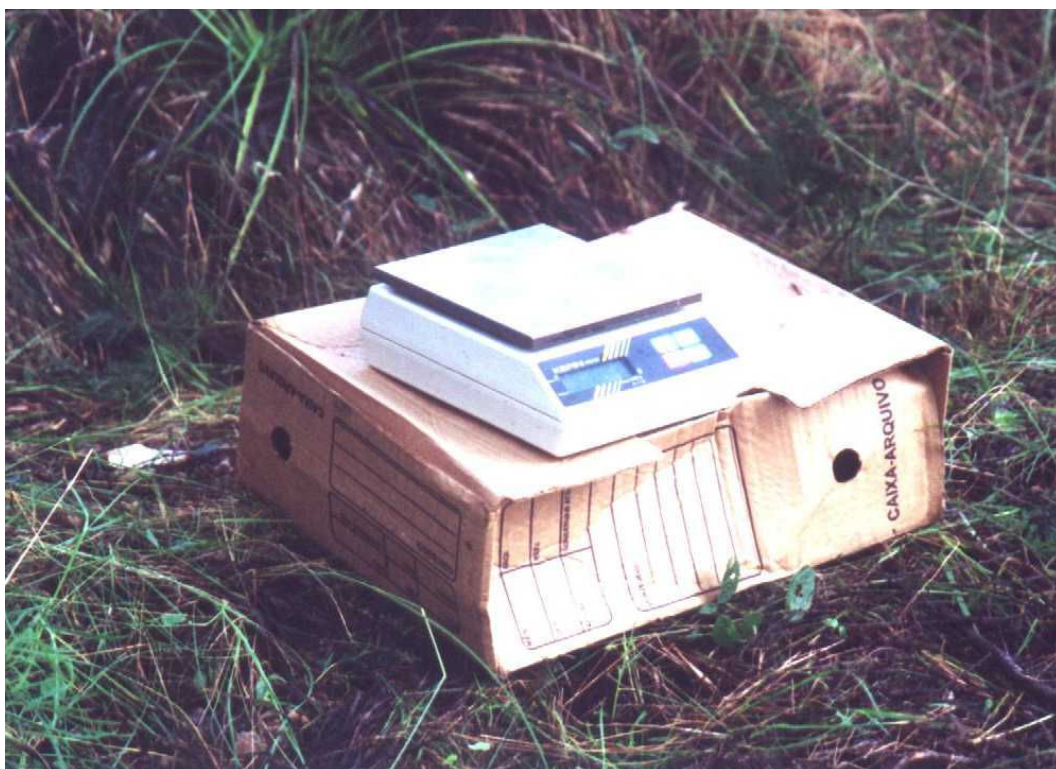
ANEXO 3 – Escavação da área útil de cada árvore para determinação da biomassa abaixo do solo em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.



ANEXO 4 – Raízes para determinação da biomassa abaixo do solo em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.



ANEXO 5 – Pesagem dos componentes com balança de gancho em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.



ANEXO 6 – Balança digital para pesagem das amostras em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.



ANEXO 7 – Moldura utilizada na coleta da serapilheira em um povoamento de Acácia-negra aos 8 anos de idade em Minas do Leão-RS.



ANEXO 8 – Vista dos resíduos florestais em uma área de colheita de Acácia-negra em Minas do Leão-RS.