

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

**BIOMASSA E ESTOQUE DE NUTRIENTES EM
Eucalyptus urophylla x *Eucalyptus grandis* EM ÁREA
ARENIZADA DO BIOMA PAMPA - RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Bernardo Corso Frantz

**Santa Maria, RS, Brasil
2016**

**BIOMASSA E ESTOQUE DE NUTRIENTES EM *Eucalyptus urophylla* x
Eucalyptus grandis EM ÁREA ARENIZADA DO BIOMA PAMPA - RS**

por

Bernardo Corso Frantz

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.

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

**Santa Maria, RS, Brasil
2016**

**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

**BIOMASSA E ESTOQUE DE NUTRIENTES EM *Eucalyptus urophylla* x
Eucalyptus grandis EM ÁREA ARENIZADA DO BIOMA PAMPA - RS**

elaborada por
Bernardo Corso Frantz

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

COMISSÃO EXAMINADORA:

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

Vicente Guilherme Lopes, Dr. (UNIPAMPA)

Hamilton Luiz Munari Vogel, Dr. (UNIPAMPA)

Santa Maria, 18 de fevereiro de 2016.

DEDICATÓRIA

À minha família
Aos meus amigos

Dedico este Trabalho

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. rer. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher, pela confiança, apoio, orientação e amizade.

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal à CAPES e à comissão avaliadora.

À Empresa StoraEnso Florestal - RS pela disponibilização da área de estudo e recursos para realização do trabalho, em especial aos MSc. Eng. Huan Pablo de Souza e Claudiney do Couto Guimarães e suas equipes de campo.

Ao Dr. Eng. Florestal Rudi Witschoreck do Laboratório de Ecologia Florestal – UFSM, pela constante ajuda na elaboração deste trabalho.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia Florestal, em especial ao Vitor Hugo Braga, pelos conselhos, amizade e momentos de descontração.

A todos os amigos e colegas pelo apoio e bons momentos.

Aos meus familiares e à minha namorada pelo constante incentivo e compreensão nas horas difíceis.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria

BIOMASSA E ESTOQUE DE NUTRIENTES EM *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* EM ÁREA ARENIZADA DO BIOMA PAMPA - RS

Autor: Bernardo Corso Frantz

Orientador: Dr. rer. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 18 de fevereiro de 2016.

No Rio Grande do Sul, os plantios comerciais de eucalipto estão distribuídos por diversas regiões e ocupam solos das mais diversas composições, muitos dos quais apresentam boa fertilidade, ocasionando altas taxas de crescimento nos povoamentos. O desafio, no entanto, consiste em melhorar a produtividade nos sítios de baixa qualidade, onde a fertilidade do solo, por sua deficiência, pode gerar inclusive problemas ambientais. Neste contexto, o presente trabalho se insere no sentido de aumentar a compreensão acerca da nutrição florestal nestes sítios. Este trabalho teve como objetivo caracterizar nutricionalmente um povoamento do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* plantado em área arenizada do bioma Pampa. O solo na área de estudo é classificado como Neossolo Quartzarênico. Dentro do talhão estudado foram instaladas, de forma aleatória, cinco parcelas amostrais para obtenção dos parâmetros dendrométricos. Para amostragem da biomassa e estoque de nutrientes foram derrubadas doze árvores, sendo três por classe diamétrica. A biomassa total acima do solo foi de 36,24 Mg ha⁻¹. A distribuição média para os compartimentos foi de 62% madeira, 20% galho, 11% folha e 7% casca. O estoque total de macro e micronutrientes na biomassa acima do solo foi 463,2 kg ha⁻¹ e 20,0 kg ha⁻¹, respectivamente. A maior quantidade de N foi encontrada nas folhas e as maiores quantidades de P e K, na madeira. Os maiores valores do coeficiente de utilização biológica (CUB) foram encontrados no componente madeira, com exceção do S, que foi encontrado no componente galhos. A colheita de somente o componente madeira implica na remoção de 24,1% N; 33,9% P; 46,3 K; 10,9% Ca; 15,2% Mg; 48,1% S; 17,4% B; 42,4% Cu; 35,9% Fe; 12,9% Mn e 48,9% Zn, representando o cenário de menor remoção de nutrientes, entre os simulados, sendo portanto o mais indicado sob o ponto de vista da sustentabilidade nutricional do ecossistema.

Palavras-chave: Solos florestais; ecologia florestal; nutrição florestal, ciclagem de nutrientes.

ABSTRACT

Master's Dissertation

Post-Graduation Program in Forest Engineering
Universidade Federal de Santa Maria

BIOMASS AND NUTRIENTS STOCK IN *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* IN SANDY SOIL OF THE PAMPA BIOME - RS

Author: Bernardo Corso Frantz

Adviser: Dr. rer. nat. techn. Mauro Valdir Schumacher

Date and Place of the Presentation: Santa Maria, February 18th, 2016.

In Rio Grande do Sul, the *Eucalyptus* commercial plantations are spread over various regions and occupy the most diverse soil compositions, many of which have good fertility, leading to high growth rates in the stands. The challenge, however, is improve the productivity in low quality sites where the soil fertility by its deficiency can generate environmental problems. In this context, the present work is inserted to increase the understanding of forest nutrition in these sites. This study aimed to characterize nutritionally a stand of hybrid *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* planted in degraded area of the Pampa biome. The soil in the study area is classified as a Quartzarenic Neosol. For the dendrometric parameters were installed at random, five sample plots. For sampling of biomass and nutrient stocks were felled twelve trees, three by diameter class. Total aboveground biomass was 36.24 Mg ha⁻¹. The average distribution for biomass components was 62% wood, 20% branch, 11% leaf and 7% bark. The total stock of macro and micronutrients in aboveground biomass was 463.2 kg ha⁻¹ and 20.0 kg ha⁻¹, respectively. The largest amount of N was found in the leaves and the largest amounts of P and K was found in the wood. The highest values of biological utilization coefficient (CUB) were found in the wood component, with the exception of S, which was found in the component branches. The harvest of only the wood component involves the removal of 24.1% N; 33.9% P; 46,3 K; 10.9% Ca; 15.2% Mg; 48.1% S; 17.4% B; 42.4% Cu; 35.9% Fe; 12.9% Mn and 48.9% Zn, representing the simulation with a lower nutrient removal, which is the most suitable from the point of view of nutritional ecosystem sustainability.

Key-words: Forest soils; forest ecology; forest nutrition, nutrient cycling.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Localização do município de Maçamabará (detalhe em laranja) no estado do Rio Grande do Sul. 19
- Figura 2 – Detalhe das divisões do tronco para pesagem da biomassa e coleta de discos para amostragem de madeira e casca. 24
- Figura 3 – Distribuição das plantas nas diferentes classes diamétricas em um povoamento de *Eucalyptus urograndis* no município de Maçamabará – RS. 30
- Figura 4 – Relação hipsométrica em um povoamento de *Eucalyptus urograndis* no município de Maçamabará – RS. 30
- Figura 5 – Partição da biomassa acima do solo, nos diferentes componentes, em um povoamento de *Eucalyptus urograndis* aos 78 meses de idade. 34
- Figura 6 – Distribuição relativa dos teores e quantidades de macronutrientes em cada componente da biomassa acima do solo. 39
- Figura 7 – Distribuição relativa dos teores e quantidades de micronutrientes em cada componente da biomassa acima do solo. 40
- Figura 8 – Remoção percentual de nutrientes em diferentes intensidades de colheita na biomassa acima do solo. 44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos físico-químicos do solo na área experimental localizada no município de Maçambará – RS.	21
Tabela 2 – Modelos hipsométricos selecionados para estimativa da altura total de <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i> , aos 78 meses de idade, estabelecidos em solos arenizados.	23
Tabela 3 – Parâmetros estatísticos para os modelos hipsométricos testados em povoamento de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 78 meses de idade, plantados em solos arenizados do Bioma Pampa.	27
Tabela 4 – Variáveis dendrométricas médias e número de árvores por hectare em plantio de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 78 meses de idade.	29
Tabela 5 – Equações utilizadas para estimar a biomassa de cada componente.	31
Tabela 6 – Parâmetros estatísticos das equações de regressão utilizadas para estimar a biomassa em povoamento de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 6,5 anos de idade.	32
Tabela 7 – Quantidade de biomassa acima do solo ($Mg\ ha^{-1}$) em um povoamento de eucalipto aos 78 meses de idade.	33
Tabela 8 – Biomassa relativa em cada componente nas quatro diferentes classes diamétricas, em um plantio de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 78 meses de idade.	35
Tabela 9 – Teores de macronutrientes em cada componente das árvores de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 78 meses de idade.	36
Tabela 10 – Teores de micronutrientes em cada componente das árvores de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 78 meses de idade.	37
Tabela 11 – Quantidades de macronutrientes em cada componente das árvores de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 78 meses de idade.	38
Tabela 12 – Quantidades de micronutrientes em cada componente das árvores de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 78 meses de idade.	38
Tabela 13 – Coeficiente de Utilização Biológica (CUB) nos diferentes componentes da biomassa acima do solo de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 78 meses de idade.	42
Tabela 14 – Estimativa da remoção de macro e micronutrientes em diferentes intensidades de colheita de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 78 meses de idade.	43

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A – Aspecto geral do talhão no município de Maçambará - RS	54
Apêndice B – Perfil de solo em trincheira, dentro do talhão estudado no município de Maçambará - RS.....	55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 O Bioma Pampa e o Processo de Arenização	14
2.2 O híbrido <i>Eucalyptus urophylla</i> x <i>Eucalyptus grandis</i>	15
2.3 Biomassa e nutrientes	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Caracterização da área de estudo	20
3.1.1 Localização	20
3.1.2 Clima	21
3.1.3 Relevo e vegetação.....	21
3.1.4 Solo	21
3.1.5 Características silviculturais do povoamento.....	22
3.3 Avaliação dendrométrica	23
3.4 Biomassa acima do solo.....	24
3.5 Modelagem de equações	25
3.6 Estimativa do estoque de nutrientes	26
3.7 Coeficiente de Utilização Biológica	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1 Avaliação dendrométrica	28
4.1.1 Modelo hipsométrico	28
4.1.2 Parâmetros dendrométricos	29
4.2 Biomassa.....	32
4.2.1 Modelagem de equações	32
4.2.2 Estoque de biomassa acima do solo	33
4.3 Nutrientes na biomassa.....	36
4.3.1 Teores de nutrientes.....	36
4.4 Coeficiente de utilização biológica	42
4.5 Remoção de nutrientes pela colheita	43
5 CONCLUSÕES	45
6 RECOMENDAÇÕES.....	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
APÊNDICES	54

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o setor florestal vem ganhando espaço no cenário econômico brasileiro. Somente no ano de 2013 o setor de árvores plantadas adicionou ao produto interno bruto cerca de 56 bilhões de reais, o que representa 1,2% de toda a riqueza gerada no país. O crescimento de tal contribuição em relação ao ano anterior (2012) foi de 5,9%, enquanto o país deteve um crescimento de somente 2,3%, o que demonstra quão representativo é o setor para a economia do país (IBÁ, 2014).

Além desta representativa contribuição à economia do país, observa-se uma expressiva expansão nas áreas plantadas com florestas comerciais, somente o gênero *Eucalyptus* teve, em 2013, 5.473.176 hectares de áreas plantadas e um crescimento de 3,2% com relação ao ano anterior (IBÁ, 2014).

Dentre as diversas espécies cultivadas no país destaca-se como um dos mais usados e conhecidos o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, que combina o rápido crescimento e excelente forma do *Eucalyptus grandis* com a resistência a doenças e tolerância à seca do *Eucalyptus urophylla* (PALUDZYSZYN FILHO e SANTOS, 2013)

No Rio Grande do Sul, os plantios comerciais de eucalipto estão distribuídos por diversas regiões e ocupam solos das mais diversas composições, muitos dos quais apresentam boa fertilidade, ocasionando altas taxas de crescimento nos povoamentos. O desafio, no entanto, consiste em melhorar a produtividade nos sítios onde a baixa fertilidade do solo gera inclusive problemas ambientais. Neste contexto, o presente trabalho se insere no sentido de aumentar a compreensão acerca da nutrição florestal nestes sítios.

O objetivo geral deste estudo foi quantificar o estoque de biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*.

Os objetivos específicos foram:

- Estimar a biomassa dos diferentes componentes das árvores;

- Modelar equações de regressão para a estimativa da biomassa nos diferentes componentes da biomassa acima do solo;
- Quantificar o estoque de nutrientes nos diferentes componentes da biomassa acima do solo;
- Determinar o Coeficiente de Utilização Biológica (CUB);
- Simular a remoção de macro e micronutrientes em diferentes cenários de colheita da biomassa das árvores.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Bioma Pampa e o Processo de Arenização

Dentre os estados do Brasil, o único em que o Bioma Pampa está presente é o Rio Grande do Sul. Segundo dados do IBGE (2004) este bioma ocupa uma área de 176.496 km², o que corresponde a 63% da área do estado e a 2,07% do território nacional. O Pampa teve seu reconhecimento como bioma apenas a partir de 2004, quando foi desmembrado do bioma Mata Atlântica. Na América do Sul, os campos e pampas se estendem por uma área de aproximadamente 750 mil km², compartilhada por Brasil, Uruguai e Argentina (IBGE, 2004)

A importância desse bioma está associada à riqueza de sua diversidade, existem ali centenas de espécies de fauna e flora, muitas das quais ainda não completamente descritas pela ciência (MMA, 2003). A composição vegetal encontrada nos campos do Pampa é representada pelas famílias Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Fabaceae, Apiaceae, Oxalidaceae, Verbenaceae e Iridaceae (OVERBECK et al. 2006, 2007).

De acordo com estimativas do Ministério do Meio Ambiente (2003) existem cerca de 3000 espécies de plantas, dentre as quais se destaca o grande número de gramíneas e leguminosas. A fauna também é marcante, com aproximadamente 500 espécies de aves e mais de 100 espécies de mamíferos. Soma-se à importância em número de espécies o fato de muitas destas serem endêmicas desse bioma além de a maior parte do aquífero Guarani estar ali localizada.

Marchiori (2002) descreve a região como Região de Savana Estépica que reveste terrenos areníticos e solos distróficos lixiviados e compreende as formações Gramíneo-lenhosas – destacadas pela tomentosidade; Parque – compreendida por áreas de relevo dissecado e Arbórea Aberta – de pequena área e com solos litólicos rasos com a presença de árvores de origem chaquenha.

Os campos são ecossistemas naturais anteriores à ocupação antrópica, por volta de 12.000 anos atrás, de acordo com evidências geradas pelo diagnóstico de pólen e partículas de carvão em sedimentos. (BEHLING et al., 2004, 2005)

Segundo o Ministério de Meio Ambiente (2003), aproximadamente 25% da superfície terrestre abrange regiões cuja fisionomia se caracteriza pela cobertura vegetal com o predomínio dos campos, sendo o Pampa uma das áreas de campos temperados mais importantes do planeta, porém estes são os ecossistemas menos protegidos do globo. A exemplo disso, observa-se a rápida degradação e descaracterização das paisagens naturais do pampa com a introdução de pastagens exóticas e a expansão das áreas arenizadas. Segundo dados do CSR/IBAMA (2010), no ano de 2002 restavam apenas 41,32% da vegetação nativa deste bioma, valor que reduziu para 36,03% no ano de 2008.

O Bioma Pampa do Rio Grande do Sul apresenta grandes extensões de área sob processo de arenização, o que segundo STRECK et al. (2008) é um evento natural, ocorrente desde a época da colonização espanhola. A arenização é dada através da mobilização de solos arenosos pela ação dos ventos e das águas, o que dificulta o estabelecimento da vegetação, gerando a expansão de áreas com solo desnudo.

De acordo com o Suertegaray et al. (2001) os areais têm como substrato o arenito da formação Botucatu e ocorrem no sudeste do RS a partir do meridiano 54º em direção oeste até a fronteira com Argentina e Uruguai.

No município de Maçambará, que possui uma área de 1668,83 km², cerca de 4,62 km² são ocupados por áreas arenizadas (Suertegaray et al., 2001). Uma interessante alternativa para tais situações é a silvicultura que, quando implementada com as práticas de manejo adequadas, é uma excelente opção para a recuperação e uso destas áreas (Queiroz e Barrichelo, 2007; Streck et al., 2008).

2.2 O híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*

Pertencente à família Myrtaceae, com 13 espécies do gênero *Angophora*, 113 do gênero *Corymbia* e cerca de 600 do gênero *Eucalyptus*, o eucalipto apresenta uma ampla plasticidade e dispersão mundial (VITTI, 2002). Segundo dados da Indústria Brasileira de Árvores (2014), existiam no ano de 2013 cerca de 7,6 milhões

de hectares de florestas plantadas no Brasil, onde cerca de 72% deste valor são representados por plantios com o gênero *Eucalyptus*. Desta área plantada com eucalipto, cerca de 32% é destinada à produção de celulose. E aproximadamente 20% deste total representados por produtores florestais independentes. Segundo Lima (1996) o eucalipto está entre as principais fontes de matéria-prima.

A primeira plantação clonal de eucalipto foi estabelecida em 1979 no Estado do Espírito Santo (Brasil), com ganhos expressivos em produtividade e qualidade da madeira (RUY, 1998).

Segundo Viera (2010), o eucalipto é um bem natural renovável, e um dos principais benefícios do seu cultivo é oferecer alternativa para o suprimento de madeira, diminuindo a pressão sobre as florestas nativas, pois mesmo que estas pudessem ser utilizadas de forma sustentável, as dificuldades técnicas e de manejo limitariam a produtividade necessária, devido a alta demanda pelo produto.

O *Eucalyptus urograndis*, híbrido utilizado neste trabalho, foi gerado a partir do processo de hibridação entre duas espécies com interessantes características do ponto de vista produtivo, o *Eucalyptus urophylla* e o *Eucalyptus grandis*. O *Eucalyptus grandis*, segundo MORA e GARCIA (2000), supera qualquer outra espécie em incremento volumétrico, desde que com condições ambientais adequadas. Sendo a mais plantada no Brasil devido a sua plasticidade genética, obtenção de híbridos e clonagem de árvores selecionadas.

O *Eucalyptus grandis* é uma espécie nativa do Norte de Nova Gales do Sul e da costa sul de Queensland, na Austrália. Distribui-se principalmente entre as latitudes 26° a 32° Sul e altitudes de 0-300 m e se adapta muito bem em regiões com precipitação entre 1000 e 1750 mm e valores de temperaturas médias máximas entre 29°C e 32°C e médias mínimas entre 5°C e 6°C (FAO, 1981). As árvores dessa espécie são perenifólias, com altura entre 20 e 40 m. Apresentam folhas juvenis opostas, depois alternas, oval-lanceoladas, pecioladas; as adultas lanceoladas, falcadas, verde-escuras, brilhantes, com ápice agudo e margens levemente onduladas, com pecíolo de 2 a 3 cm (LORENZI et al., 2003).

Já o *Eucalyptus urophylla*, é uma espécie nativa da Indonésia, do Arquipélago Sonda. Distribui-se principalmente entre 7° 30" e 10° de latitude, e 305 a 2960 m de altitude. Nesta região, as precipitações anuais variam de 600 a 2500 mm e o clima subtropical seco a tropical úmido com aproximadamente 4 a 5 meses secos por ano.

A temperatura média máxima fica entre 27°C e 29°C aos 400 m de altitude e 17°C a 21°C a 1900 m de altitude (MARTIN e COSSALTER, 1975).

Para Lorenzi et al. (2003) as árvores dessa espécie são perenifólias com altura entre 25 e 35 metros de altura, tronco ereto e cilíndrico, revestido por casca grossa dotada de fissuras finas longitudinais de cor cinza-escura. Ramagem oblíqua, formando copa alongada. Folhas simples, as jovens obovadas e as adultas oblanceoladas com base geralmente assimétrica, coriáceas, lustrosas, discolores (face inferior mais clara), com a 12ª nervura principal bem destacada, de margens inteiras e ápice longo-acuminado, com pecíolo de coloração clara.

O uso do *Eucalyptus grandis* é, em parte, limitado devido a sua susceptibilidade ao cancro do eucalipto e à baixa capacidade de rebrota em climas sujeitos a deficiências hídricas (RUY, 1998). Já o *Eucalyptus urophylla* possui resistência ao cancro, fato que estimulou a hibridação das duas espécies, transferindo tal resistência para o *Eucalyptus grandis*. (MARTINS e IKEMORI, 1987). Como consequência, a síntese do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, passou a ser a base da silvicultura intensiva clonal brasileira (RUY, 1998).

Resultante da combinação entre o *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus urophylla*, o *Eucalyptus urograndis* é um dos híbridos de eucalipto mais conhecidos e usados no Brasil. Essa mistura reúne as melhores características do *Eucalyptus grandis* (crescimento e qualidade da madeira) e do *Eucalyptus urophylla* (adaptação e resistência a doenças, particularmente ao fungo causador do cancro do eucalipto) (CONSELHO DE INFORMAÇÕES SOBRE BIOTECNOLOGIA, 2008).

2.3 Biomassa e nutrientes

O conhecimento da biomassa produzida e da quantidade de nutrientes presentes no solo é de fundamental significado para entendimento da estrutura de um dado ecossistema (FREITAS, 2000).

A principal forma de nutrição vegetal é a absorção de nutrientes ocorrentes na solução do solo pelo sistema radicular. No entanto é com frequência descrita a inabilidade do solo para manter nutrientes em estoque e disponibilizá-los para a absorção pelas raízes na medida exata em que a planta solicite. Qualquer evento que interfira direta ou indiretamente nas fontes de entrada e saída de nutrientes afetará a quantidade de nutrientes prontamente assimiláveis pela vegetação e afetará também processos de ciclagem internos ao ecossistema (CINTRA, 2004).

De acordo com Barros e Novais (2010) a produção de biomassa de eucalipto sofre variações de acordo com o ambiente, e as características físicas e químicas dos solos desempenham fatores decisivos na determinação de diferenças em produtividade.

A acumulação de biomassa é afetada tanto por fatores ambientais como por características da planta (BARICHELLO et al., 2005). E a distribuição da biomassa nos diferentes componentes da planta, entre os diversos componentes arbóreos, geralmente segue a seguinte ordem: lenho > galhos > casca > folhas, podendo ainda haver consideráveis variações de concentração dentro de um mesmo compartimento (CURLIN, 1970). De acordo com Viera (2012), a biomassa relativa de cada componente varia conforme a classe diamétrica.

A disponibilidade de nutrientes é um fator determinante para o crescimento das plantas, embora nem sempre haja uma equivalência entre teores no solo e a quantidade absorvida pela planta. Com as informações sobre a biomassa e sua concentração de nutrientes, pode-se calcular o estoque de nutrientes minerais da floresta (GOLLEY, 1975).

Uma vez que os plantios florestais ocupam solos com diferentes características, incluindo os de baixa fertilidade, Schumacher e Poggiani (1993) salientam a importância de estudos detalhados sobre a concentração e quantidade de nutrientes na biomassa arbórea a ser explorada, com a finalidade de evitar problemas para as rotações futuras.

Gonçalves (1995) afirma que as espécies de *Eucalyptus* e *Pinus* plantados no Brasil são adaptadas a baixos níveis de fertilidade do solo e pouco sensíveis à acidez do solo, além de tolerarem altos níveis de Al e Mn.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

3.1.1 Localização

O presente estudo foi realizado em um povoamento do híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (urograndis), localizado na fazenda São Luiz das Éguas Morochins, propriedade da empresa StoraEnso Florestal – RS, sob as coordenadas centrais de latitude 29° 2' 36,79" S e longitude 55° 25' 55,85" W com altitude média ao nível do mar de 153,1 m, no município de Maçambará – RS (Figura 1).

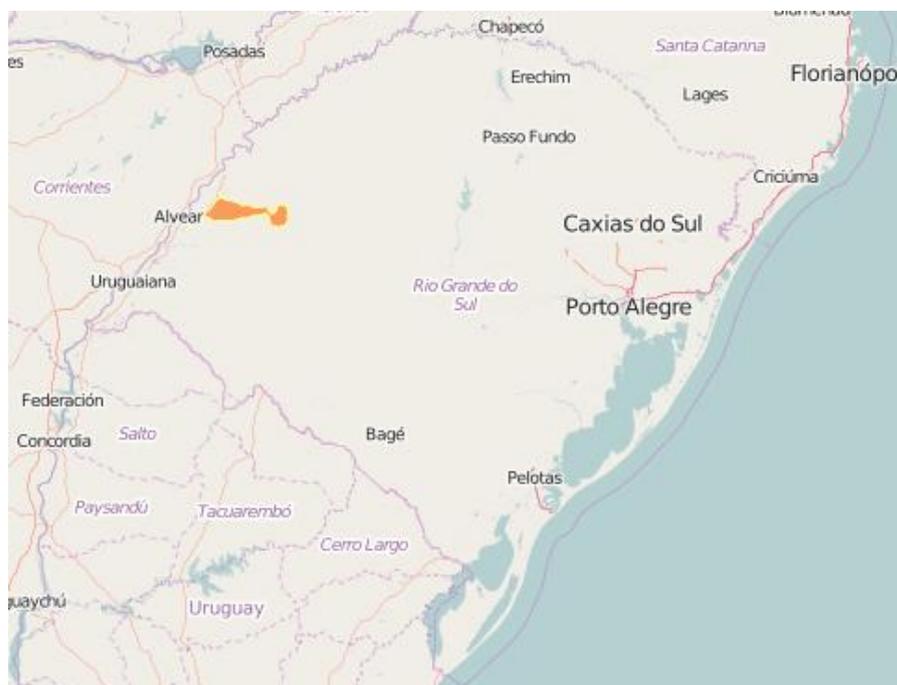


Figura 1 – Localização do município de Maçambará (detalhe em laranja) no estado do Rio Grande do Sul. Fonte: IBGE (2015)

3.1.2 Clima

Segundo a classificação de Köppen o clima no município é do tipo Cfa (subtropical úmido). A precipitação média anual é de 1628 mm, a temperatura média anual é de 20,7 °C, enquanto a média do mês mais frio é de 15,5 °C e a média do mês mais quente é de 26,3 °C. (Matzenauer et al., 2011).

3.1.3 Relevo e vegetação

O experimento está situado dentro do bioma pampa, na unidade de relevo do Planalto Meridional o qual caracteriza-se geologicamente por derrames basálticos, afloramentos areníticos e grandes aluviões nas planícies fluviais. O relevo é suave, com altitudes geralmente entre 60 e 120 metros, ultrapassando 300 metros em coxilhas (IFCRS, 2002).

3.1.4 Solo

O solo no talhão estudado é classificado como Neossolo Quartzarênico. Na Tabela 1, podem-se observar os valores médios dos atributos físico-químicos do solo a partir das coletas realizadas em quatro profundidades dentro de três diferentes trincheiras, distribuídas de forma aleatória dentro do povoamento estudado.

Tabela 1 – Atributos físico-químicos do solo na área experimental localizada no município de Maçambará – RS.

		Profundidade (cm)			
		0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80
Areia grossa		76,0	76,7	80,1	84,9
Areia fina		10,7	8,6	6,4	4,3
Silte	(%)	0,5	<0,1	2,0	<0,1
Argila		12,8	14,8	11,5	10,8
M.O.	(%)	0,45	0,39	0,34	0,29
pH	(H ₂ O)	4,6	4,4	4,1	4,2
Ca	(cmol _o dm ⁻³)	0,21	0,08	0,10	0,07
Mg		0,15	0,02	0,01	<0,01
P	(mg dm ⁻³)	3,6	2,7	3,3	3,7
K		68,3	15,6	19,3	22,0
V	(%)	25,6	6,5	7,4	6,1
m		61,5	86,8	87,1	90,0

Onde: matéria orgânica (MO), digestão por combustão úmida (K₂Cr₂O₇ + H₂SO₄); pH em água (1:1); P disponível e K trocável, extração do solo com solução Mehlich-1; Ca, Mg e Al trocáveis, extração por solução de KCl (1 mol L⁻¹); V = saturação por bases; m = saturação por alumínio.

A análise química do solo demonstrou uma tendência decrescente dos teores com o aumento da profundidade, com exceção do P, em um perfil bastante homogêneo. A análise da Tabela 1 demonstra, segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004) que o solo do sítio em questão possui pH e teores de fósforo muito baixos e percentuais de matéria orgânica e teores de cálcio e magnésio baixos. Os teores de fósforo variaram com a profundidade das amostras, sendo que as amostras entre 0 cm – 40 cm foram diagnosticadas com teores muito baixos enquanto nas profundidades de 40 cm – 80 cm o diagnóstico foi de teores baixos.

3.1.5 Características silviculturais do povoamento

O plantio, realizado manualmente, ocorreu em um talhão com cinco hectares. O espaçamento utilizado foi de 2,5 m x 3,5 m, ocasionando em uma densidade inicial de 1143 plantas ha⁻¹.

Na ocasião do plantio foi realizada a aplicação de 2,5 Mg ha⁻¹ de calcário (a lanço em área total) e 250 kg ha⁻¹ de Fosfato Natural de Gafsa (29% de P₂O₅) no sulco. Após o plantio foram realizadas quatro adubações, em filete contínuo ao lado da linha, aos 30 dias, com 150 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O de 06-30-06 + 0,2 % Cu + 0,3% B. Aos 90 dias, com 150 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O de 22-01-18 + 0,2 % Cu + 0,3% B. Aos 120 dias pós-plantio, com 150 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O de 22-01-18 + 0,2 % Cu + 0,3% B. E a última adubação aos 36 meses após o plantio com 150 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O de 22-15-18 + 0,2 % Cu + 0,3% B.

Além das adubações foi realizado o controle de formigas, limpeza e manutenção de aceiros.

3.2 Avaliação dendrométrica

Dentro do talhão estudado foram instaladas, de forma aleatória, cinco parcelas amostrais com 15 m x 20 m, onde foram mensurados todos os diâmetros (DAP) com o uso de fita dendrométrica, e 33% das alturas, com o uso de um hipsômetro Vertex. Com as informações obtidas, foram testados modelos hipsométricos (Tabela 2) presentes na literatura com o intuito de selecionar o que apresentasse melhores parâmetros de ajuste para o povoamento em questão e com isso estimar a altura das árvores não mensuradas no inventário das parcelas amostrais, a partir do DAP's.

Tabela 2 – Modelos hipsométricos selecionados para estimativa da altura total de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*, aos 78 meses de idade, estabelecidos em solos arenizados.

Nº	Modelo	
1	$\ln h = b_0 + b_1 \cdot \ln d + e$	Stoffels ^{1 2 3}
2	$\ln h = b_0 + b_1 \cdot d^{-1} + e$	Curtis ^{1 2 3}
3	$h = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2 + e$	Parabólico ^{2 3}
4	$h = b_0 + b_1 \cdot d + e$	Linha reta ³
5	$h = b_0 + b_1 \cdot d + b_2 \cdot d^2 + b_3 \cdot d^3 + e$	Loestch et al., (1973)
6	$h = b_0 + b_1 \cdot d^2 + e$	Azevedo et al., (1999)

Onde: b_0 , b_1 , b_2 e b_3 = coeficientes dos modelos; h = altura total (m); d = diâmetro à altura do peito (cm); \ln = Logaritmo neperiano; e = erro da estimativa. Modelos citados por: ¹Bartoszeck et al. (2002); ²Sanquetta et al. (2009); ³Sousa et al. (2013).

3.3 Biomassa acima do solo

Com base nos dados obtidos no inventário das parcelas amostrais, o povoamento foi dividido em quatro classes diamétricas. Para cada classe foram selecionadas três árvores, uma com diâmetro representando o centro da classe e outras duas representando os limites inferior e superior da classe, respectivamente.

As árvores selecionadas foram abatidas e fracionadas nos seguintes componentes: folhas, galhos, casca e madeira. Cada um destes componentes teve sua biomassa total úmida por árvore quantificada no campo, através da pesagem em balanças de gancho. Devido à variabilidade nos teores de nutrientes ao longo do tronco, os componentes madeira e casca foram amostrados em três seções iguais do tronco (Figura 2) e tiveram sua biomassa úmida mensurada de forma individual em cada uma destas partes. A ponteira não foi amostrada de forma individual devido aos baixos diâmetros das árvores estudadas, onde alguns indivíduos não apresentaram o diâmetro mínimo comercial nem mesmo à altura do peito (1,3 m de altura).

Nos componentes folha e galhos foi coletada uma amostra (150 g a 200 g) de forma aleatória, por árvore. Já para os componentes madeira e casca, foi coletado

um disco, no centro de cada uma das três partes em que estes foram divididos na quantificação da biomassa úmida, como exemplificado na Figura 2, totalizando três amostras de madeira e três amostras de casca por árvore. As oito amostras coletadas em cada árvore foram encaminhadas ao Laboratório de Ecologia Florestal da UFSM para a quantificação dos teores de umidade e de nutrientes seguindo as metodologias de TEDESCO (1995) e MIYAZAWA et al.(1999).

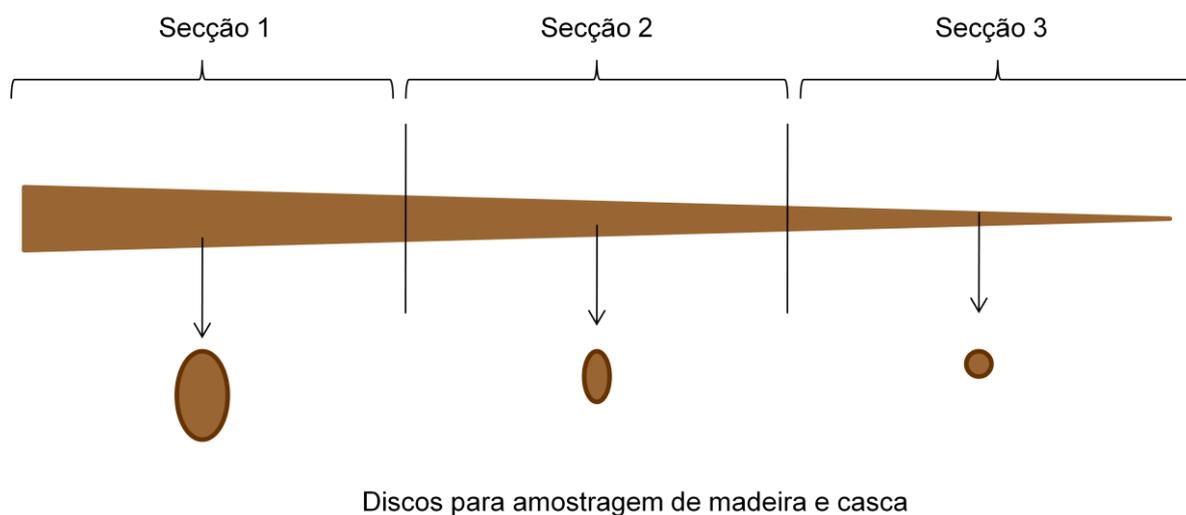


Figura 2 – Detalhe das divisões do tronco para pesagem da biomassa e coleta de discos para amostragem de madeira e casca.

3.4 Modelagem de equações

Com base na biomassa mensurada a campo e nos dados dendrométricos obtidos no inventário das parcelas amostrais, foram modeladas equações de regressão, no software SAS 9.3, para a estimativa da biomassa nos diferentes componentes das árvores, a partir dos dados de diâmetro e/ou altura.

Para isto, utilizou-se o procedimento “forward” (proc stepwise e opção forward) do pacote SAS 9.3, com verificação da normalidade da distribuição dos

resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk, homogeneidade da variância pelo teste de White e independência dos resíduos pela estatística de Durbin-Watson.

Para verificar a qualidade do ajuste das equações de regressão foram utilizados os seguintes parâmetros: coeficiente de determinação ajustado (R^2 ajust.), erro padrão da estimativa absoluto (Syx), erro padrão da estimativa relativo (Syx%).

3.5 Estimativa do estoque de nutrientes

A estimativa das quantidades de cada nutriente por hectare, em cada um dos componentes das árvores, foi realizada a partir de um cálculo simples, onde os teores dos nutrientes em cada componente foram multiplicados pelos valores de biomassa por hectare – dos respectivos componentes – obtidos com base nos modelos gerados para a estimativa de biomassa.

3.6 Remoção de nutrientes pela colheita

A estimativa de remoção de nutrientes pela colheita foi calculada com base no estoque de nutrientes estimado no item anterior (3.5) em três diferentes cenários de colheita, onde em cada um deles foi simulada a retirada de:

- Madeira do tronco
- Madeira do tronco + Casca
- Madeira do tronco + Casca + Galhos + Folhas

Os cálculos foram realizados de modo a estimar a remoção de nutrientes, em cada situação de colheita.

3.7 Coeficiente de Utilização Biológica

O Coeficiente de Utilização Biológica (CUB) foi calculado pela razão entre a biomassa e a quantidade de nutrientes de cada componente, expressos nas mesmas unidades. Exemplificado na seguinte fórmula:

$$\text{CUB} = \frac{\text{massa do componente da biomassa}}{\text{quantidade de nutriente por componente}}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Avaliação dendrométrica

4.1.1 Modelo hipsométrico

Os valores obtidos no software SAS para os coeficientes e estatísticas dos modelos hipsométricos testados para a estimativa da altura total (h) em função dos valores do diâmetro à altura do peito, para cada um dos seis modelos analisados, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros estatísticos para os modelos hipsométricos testados em povoamento de *Eucalyptus urograndis* aos 78 meses de idade, plantados em solos arenizados do Bioma Pampa.

Modelo	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	F	R ² aj %	Sy.x (m)	Sy.x (%)	VP
1	0,8153	0,7619			464,89	81,4	0,1071	4,29	9
2	3,1902	-6,0432			599,23	84,95	0,0963	3,86	3
3	-0,9859	1,9909	-0,0562		230,08	81,21	1,1626	9,58	13
4	3,5950	0,9366			392,01	78,67	1,2386	10,21	13
5	-9,1927	4,9376	-0,3850	0,0115	163,83	82,13	1,1339	9,34	11
6	7,9137	0,0471			272,96	71,95	1,4204	11,7	19

Onde: b₀, b₁, b₂ e b₃ = coeficientes dos modelos; Sy.x = erro-padrão da estimativa (m); Sy.x % = erro-padrão da estimativa (%); R²aj%= coeficiente de determinação ajustado; VP = valor ponderado dos escores estatísticos.

Podemos observar que os valores do coeficiente de determinação ajustado (R² aj. %) variaram entre 71,95% a 84,95%, e que dos seis modelos testados

apenas dois apresentaram valores abaixo de 80%, sendo eles os modelos 4 e 6. O modelo 2 apresentou o melhor coeficiente de determinação ajustado.

Os valores do erro padrão da estimativa ($Sy.x\%$) apresentaram valores de 3,86 para o modelo 2 e até 11,70 no modelo número 6. Neste critério apenas os modelos 1 e 2 apresentaram valores menores que 5%, e os modelos 4 e 5 obtiveram valores superiores a 10%. Para os valores de F os melhores modelos foram o 1 e o 2, com 464,89 e 599,23 respectivamente. Enquanto os modelos 3 e 5 demonstraram os piores valores, de 230,08 e 163,83 respectivamente.

Analisando todos os critérios considerados observa-se que o modelo 2 (Curtis) apresentou os melhores resultados para as três estatísticas, o que resultou no melhor valor ponderado de escores estatísticos (VP). O segundo melhor modelo, segundo o VP, foi o número 1 (Stoffels), que embora tenha apresentado valor inferior de coeficiente de determinação ajustado em comparação ao modelo 5, obteve maior valor de F e menor erro padrão da estimativa.

De modo geral, todos os modelos apresentaram valores satisfatórios de coeficiente de determinação ajustado (valores maiores que 70%), porém o erro padrão da estimativa dos modelos 3 a 6 foi consideravelmente maior que nos modelos 1 (Stoffels) e 2 (Curtis). Com base nestes parâmetros, optou-se pelo modelo de Curtis para estimar as alturas das árvores que tiveram somente seu DAP mensurado.

4.1.2 Parâmetros dendrométricos

Na Tabela 4 podem ser visualizadas as variáveis dendrométricas médias do povoamento. É notável o grande coeficiente de variação (CV) encontrado para os diâmetros e alturas obtidos na medição das parcelas amostrais, o que demonstra a heterogeneidade do plantio com relação a estas variáveis.

Tabela 4 – Variáveis dendrométricas médias e número de árvores por hectare em plantio de *Eucalyptus urograndis* aos 78 meses de idade.

Estatística	Diâmetro	Altura	Número de árvores ha ⁻¹
Média	9,2	11,8	1104
Desvpad	3,9	4,0	-
CV	42,1	33,7	-

Onde: Desvpad = desvio padrão da média; CV = coeficiente de variação (%)

A análise do número de árvores encontradas em cada parcela, aliada a informação da área amostrada, permite inferir que a densidade de árvores por hectare reduziu-se de 1142 árvores ha⁻¹, com base no espaçamento inicial de 2,5 m x 3,5 m, para 1104 árvores ha⁻¹, o que demonstra uma baixa mortalidade de plantas, uma vez que essa redução representa apenas 3,3% do número inicial.

O volume de madeira com casca encontrado, aos 78 meses, foi de 60,3899 m³ ha⁻¹, o que resulta em um incremento médio de 9,2908 m³ ha⁻¹ano⁻¹.

Viera (2012) constatou uma redução na densidade do povoamento de 10,33% ao trabalhar com o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* aos 120 meses de idade no município de Eldorado do Sul – RS.

A baixa mortalidade encontrada neste trabalho pode estar relacionada à menor competição entre as árvores, uma vez que, devido às condições do sítio, estas apresentaram baixo crescimento quando comparadas aos trabalhos citados, e à alta qualidade dos híbridos utilizados.

Na Figura 3 é possível averiguar o que foi descrito por Finger (1992) no que diz respeito às maiores frequências em número de árvores, situarem-se próximas do diâmetro médio do povoamento.

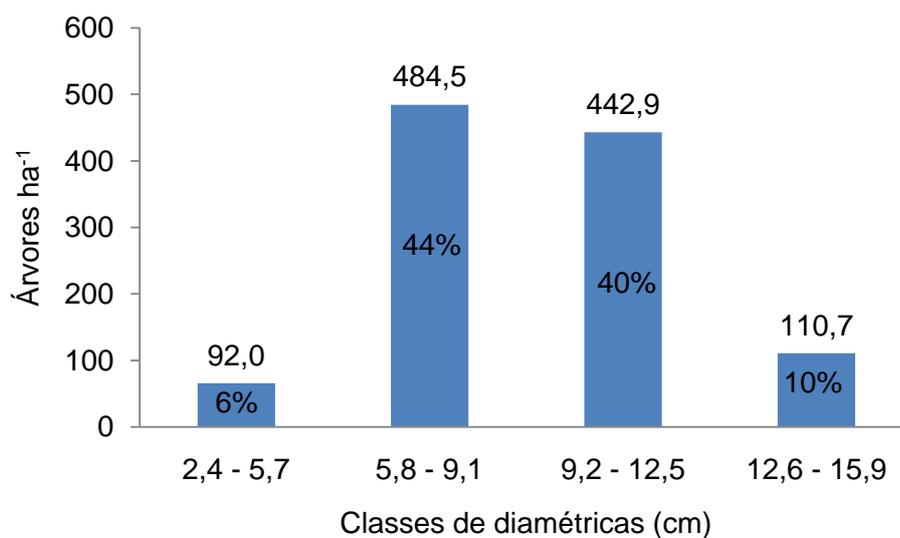


Figura 3 – Distribuição das plantas nas diferentes classes diamétricas em um povoamento de *Eucalyptus urograndis* no município de Maçambará – RS.

A relação hipsométrica explicada pelo modelo (apresentado no item 4.1.1) pode ser observada na Figura 4.

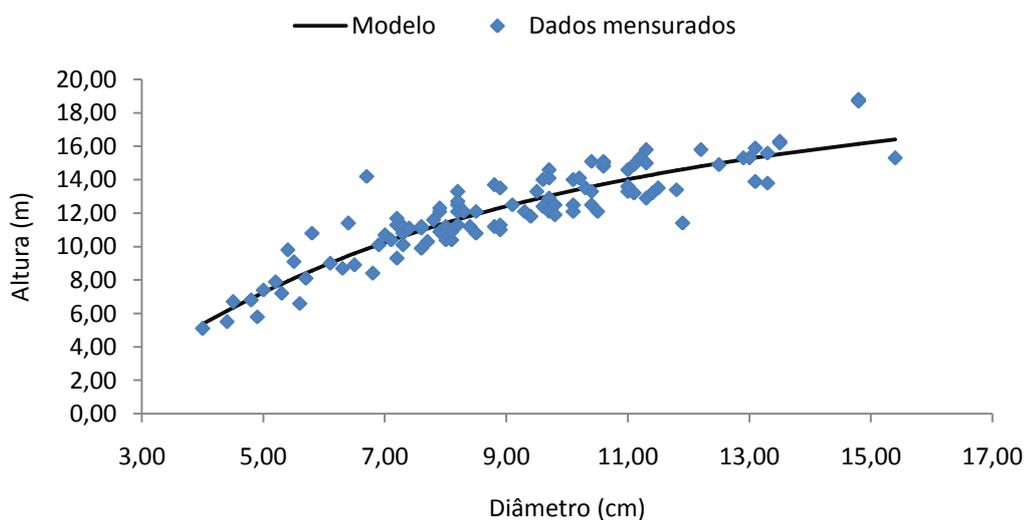


Figura 4 – Relação hipsométrica em um povoamento de *Eucalyptus urograndis* no município de Maçambará – RS.

4.2 Biomassa

4.2.1 Modelagem de equações

Na Tabela 5 são apresentadas as equações modeladas no software SAS para estimar a biomassa acima do solo em cada um dos componentes das árvores a partir das informações de diâmetro e altura.

Tabela 5 – Equações utilizadas para estimar a biomassa de cada componente.

Componente	Modelo
Folha	$B_f = b_0 + b_1 \cdot d^3$
Galho	$B_g = b_0 + b_1 \cdot d \cdot h^3$
Madeira do tronco	$B_m = b_0 + b_1 \cdot d^2 \cdot h^2$
Casca	$B_c = b_0 + b_1 \cdot d^2 \cdot h$

Onde: b_0 , b_1 , b_2 e b_3 = coeficientes dos modelos; B_f , B_g , B_m e B_c representam biomassa de folhas, galhos, madeira e casca, respectivamente.

Na Tabela 6 são expressos os parâmetros estatísticos utilizados para avaliar o ajuste das equações modeladas para a estimativa da biomassa dos diferentes componentes da biomassa acima do solo.

De acordo com Schneider et al. (2009) o erro padrão da estimativa é uma medida de dispersão entre os valores observados e estimados pela regressão. Deste modo, são desejáveis os modelos que apresentarem os menores valores. Já o coeficiente de determinação, expressa a variação total dos dados explicada pela regressão, portanto valores maiores indicam uma maior representatividade da estimativa.

As equações obtidas apresentaram baixos valores de erro-padrão da estimativa e altos valores de coeficiente de determinação ajustado (Tabela 6), o que demonstra uma boa predição das variáveis analisadas.

Tabela 6 – Parâmetros estatísticos das equações de regressão utilizadas para estimar a biomassa em povoamento de *Eucalyptus urograndis* aos 78 meses de idade.

Componente	b ₀	b ₁	R ² aj	Sy.x	F
Folha	801,81	2,73	0,90	0,001205	97,03
Galho	1107,42	0,26	0,70	0,003237	3,90
Madeira	3127,07	1,00	0,95	0,004488	220,16
Casca	183,64	1,76	0,96	0,000429	297,33

Onde: b₀, b₁, b₂ e b₃ = coeficientes dos modelos; Sy.x = erro-padrão da estimativa (Mg); R²aj = coeficiente de determinação ajustado.

4.2.2 Estoque de biomassa acima do solo

A biomassa total acima do solo foi de 36,24 Mg ha⁻¹ (Tabela 7), representando um incremento médio anual de 5,57 Mg ha⁻¹. Da biomassa total, 22,35 Mg ha⁻¹ foram encontrados no componente madeira do tronco. Estes valores são consideravelmente baixos quando comparados a outros trabalhos com espécies do mesmo gênero, tais valores se devem em grande parte a baixa fertilidade do solo no sítio em questão (Tabela 1).

Beulch (2013) encontrou praticamente o dobro da biomassa total (88,81 Mg ha⁻¹) ao estudar *Eucalyptus saligna* aos 48 meses de idade no município de São Francisco de Assis – RS. Schumacher e Caldeira (2001), ao estudar *Eucalyptus globulus* no município de Butiá – RS aos 48 meses, encontraram também valores superiores aos deste trabalho.

Para o híbrido *Eucalyptus urograndis* aos 54 meses de idade, Guimarães (2014) obteve resultados superiores em termos quantitativos, pois mensurou uma biomassa total acima do solo de 134,7 Mg ha⁻¹. Essa discrepância em relação aos resultados encontrados na literatura é ocasionada pela baixa qualidade do sítio onde o presente estudo foi desenvolvido, uma vez que este mesmo híbrido, conduzido com tratamentos silviculturais similares (GUIMARÃES, 2014) apresentou ótimos resultados em termos de produção de biomassa acima do solo.

Tabela 7 – Quantidade de biomassa acima do solo (Mg ha^{-1}) em um povoamento de eucalipto aos 78 meses de idade.

Estatística	Folha	Galho	Madeira	Casca	Total
Média	3,85	7,40	22,35	2,64	36,24
Desvpad	0,73	1,81	5,56	0,59	-
CV	18,92	24,40	24,86	22,48	-

Onde: Desvpad = desvio padrão da média; CV = coeficiente de variação (%)

Do total de biomassa acima do solo, a maior quantidade (62%) foi encontrada no componente Madeira, seguido do componente Galho (20%), Folha (11%) e Casca (7%), como observado na Figura 5. O maior acúmulo de biomassa na madeira vai de acordo com o descrito por Reis e Barros (1990) que afirmam que, à exceção de povoamentos muito jovens, a madeira é o componente de maior biomassa relativa.

Pereira et al (1984) e Poggiani et al. (1983) observaram 85% da biomassa acima do solo em plantios de *Eucalyptus saligna* presente nos componentes madeira e casca, percentual um pouco superior aos 69% encontrados neste trabalho. Já Viera et al. (2012) identificaram 44,7% da biomassa nestes mesmos componentes ao estudar *Eucalyptus urograndis* aos 18 meses no município de Piratini – RS.

A distribuição relativa da biomassa para os componentes acima do solo diferiu da relação madeira > casca > galho > folha, encontrada por Santana et al., 1999; Beulch, 2013 e Viera, 2012 e da relação madeira > galho > casca > folha encontrada por Schumacher, Witschoreck e Calil (2011) com eucalipto aos 72 meses e Guimarães (2014). Porém foi similar aos resultados obtidos por Viera et al. (2012) ao estudar o *Eucalyptus urograndis* aos 18 meses.

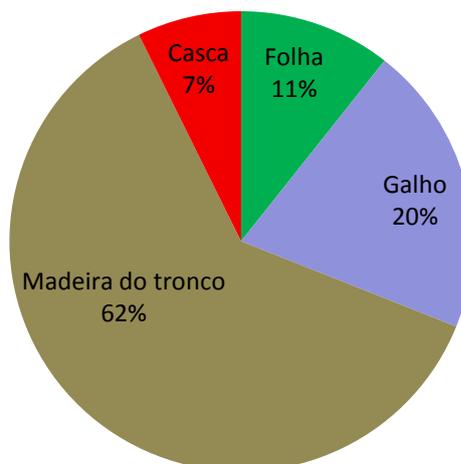


Figura 5 – Partição da biomassa acima do solo, nos diferentes componentes, em um povoamento de *Eucalyptus urograndis* aos 78 meses de idade.

Na Tabela 8, verifica-se a relação existente entre o diâmetro das árvores e a partição relativa da biomassa. Apesar da pequena diferença percentual, é perceptível a maior quantidade relativa do componente folha nos indivíduos de menor diâmetro. O componente madeira do tronco apresentou maiores valores relativos com o aumento do diâmetro das árvores.

Este comportamento se assemelha ao descrito por Schumacher, Witschoreck e Calil (2011) ao descrever os estágios de crescimento das plantas, onde segundo estes autores, em uma fase inicial a maior parte dos fotoassimilados sintetizados pela planta são canalizados para a formação da copa (com a função de expandir a área foliar) e sistema radicular, o que pode ser comparado ao encontrado nas menores classes diamétricas deste trabalho, dados os pequenos valores de diâmetro e altura obtidos. É uma segunda fase, onde a partir do fechamento das copas das árvores, o acúmulo de nutrientes se daria com maior intensidade nos troncos, já que as copas estariam em uma fase de relativa estabilidade, em razão do auto-sombreamento, o que pode ser comparado aos exemplares de maior diâmetro deste trabalho.

De acordo com Viera (2012), indivíduos com diâmetros inferiores apresentam maior proporção de biomassa de copa em relação à madeira do tronco, diminuindo de acordo com o aumento dos diâmetros, o que vai ao encontro do observado neste trabalho.

Tabela 8 – Biomassa relativa em cada componente nas quatro diferentes classes diamétricas, em um plantio de *Eucalyptus urograndis* aos 78 meses de idade.

Componente	Classe diamétrica			
	2,4 - 5,7	5,8 - 9,1	9,2 - 12,5	12,6 - 15,9
Madeira	57,9	59,4	61,8	64,0
Casca	6,3	7,6	7,3	6,9
Folha	15,0	11,5	10,3	10,1
Galho	20,7	21,6	20,6	19,0

4.3 Nutrientes na biomassa

4.3.1 Teores de nutrientes

Na Tabela 9 são apresentados os valores dos teores médios de macronutrientes encontrados em cada componente da biomassa acima do solo. Com exceção do Ca, todos os demais macronutrientes apresentaram as maiores concentrações no componente folha. A casca foi o componente que apresentou o maior teor de Ca.

Tabela 9 – Teores de macronutrientes em cada componente das árvores de *Eucalyptus urograndis* aos 78 meses de idade.

Componente	N	P	K	Ca	Mg	S
	g kg ⁻¹					
Folha	15,7	2,1	6,4	9,3	3,0	1,0
Galho	2,8	1,1	3,5	7,5	1,6	0,2
Madeira	1,3	0,5	2,5	0,7	0,2	0,2
Casca	3,6	1,2	5,3	15,0	2,4	0,2

De acordo com Barichello (2003) a elevada concentração de macronutrientes nas folhas, em relação a outros componentes das árvores, torna estas muito importantes na ciclagem de nutrientes, mesmo representando um baixo percentual em relação à biomassa total das árvores. Esta tendência à maior concentração de nutrientes nas folhas também foi identificada por Viera et al. (2012), Viera (2007) e Guimarães (2014).

Em razão dos processos de transpiração e fotossíntese, a maior concentração de células vivas está nas folhas, o que ocasiona acúmulo de maiores quantidades de macronutrientes neste componente (KRAMER e KOZLOWSKI, 1972).

A maior concentração de Ca na casca, em relação aos outros componentes, pode ser explicada pela baixa mobilidade deste elemento no floema das plantas, e por ser este um componente estrutural, fazendo parte da lamela média da membrana celular. (FERRI, 1985 e BRUN, 2004).

Guimarães (2014), ao estudar *Eucalyptus urograndis*, verificou que o teor de Ca presente na casca do tronco correspondeu a 52 % de todo Ca alocado na biomassa.

Viera et al. (2012) e Schumacher e Poggiani (1993), ao estudar diferentes espécies de eucalipto, encontraram os maiores teores de Ca e Mg no componente casca. A concentração de Ca encontrada segue a mesma tendência destes autores, porém para o elemento Mg, as maiores concentrações foram observadas no componente folha.

Na tabela 10 são apresentados os valores dos teores médios de micronutrientes encontrados em cada componente da biomassa acima do solo.

Tabela 10 – Teores de micronutrientes em cada componente das árvores de *Eucalyptus urograndis* aos 78 meses de idade.

Componente	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	mg kg ⁻¹				
Folha	39,4	4,6	114,2	1271,1	8,8
Galho	9,7	5,5	41,6	942,2	8,7
Madeira	2,4	2,3	24,2	103,2	5,0
Casca	13,1	4,3	81,4	1403,7	7,1

As maiores concentrações de micronutrientes, assim como o descrito para os macronutrientes, foram encontradas nas folhas, à exceção dos elementos Cu, que foi encontrado em maior concentração no componente galho, e Mn, que teve os maiores valores observados na casca.

O que chama atenção, com relação aos micronutrientes, são os altos teores de Mn encontrados nas folhas (1271,1 mg kg⁻¹), que representam mais do que o dobro do considerado adequado (400 - 600 mg kg⁻¹) por Gonçalves (1995), para esta espécie. Ainda com relação às faixas consideradas adequadas por este autor, somente o elemento B atende aos teores satisfatórios, todos os demais micronutrientes possuem concentrações inferiores.

As concentrações dos nutrientes nos diversos componentes das árvores de eucalipto e a produção de biomassa têm relação direta com a densidade de plantio e a fertilidade do solo (HERNANDÉZ et al., 2009).

Nas Tabelas 11 e 12 podem ser verificadas as quantidades de nutrientes estocados nos diferentes componentes da biomassa acima do solo e os valores totais de cada nutriente.

Tabela 11 – Quantidades de macronutrientes em cada componente das árvores de *Eucalyptus urograndis* aos 78 meses de idade.

Componente	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg ha ⁻¹					
Folha	60,6	8,3	24,7	35,9	11,7	3,7
Galho	21,1	8,3	25,7	55,3	12,1	1,5
Madeira	28,9	10,2	55,4	16,0	5,4	5,5
Casca	9,5	3,2	13,9	39,6	6,4	0,7
Total	120,0	30,0	119,6	146,8	35,5	11,3

A distribuição dos elementos para macro e micronutrientes, respectivamente, obedeceu a seguinte ordem, de modo decrescente: Ca > N > K > Mg > P > S e Mn > Fe > B > Zn > Cu.

Um comportamento similar a este, diferindo apenas na inversão entre os elementos P e S, foi encontrado por Guimarães (2014) em *Eucalyptus urograndis* e *Eucalyptus grandis* aos 54 meses. Diversos outros autores encontraram relação similar com inversão de um ou outro elemento na ordem (GUO et al., 2006; CUNHA et al., 2005; BENATTI, 2013; Beulch, 2013).

Hernández et al. (2009), estudando *Eucalyptus dunii* aos 108 meses de idade no Uruguai, observaram, para os macronutrientes, a sequência N > P > K > Ca > Mg, que difere da encontrada neste estudo.

Tabela 12 – Quantidades de micronutrientes em cada componente das árvores de *Eucalyptus urograndis* aos 78 meses de idade.

Componente	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g ha ⁻¹				
Folha	151,6	17,6	439,7	4893,2	34,0
Galho	72,0	40,4	308,2	6976,3	64,2
Madeira	54,6	51,1	539,9	2307,3	111,8
Casca	34,5	11,4	214,6	3699,8	18,8
Total	312,7	120,4	1502,4	17876,5	228,8

A análise das Figuras 6 e 7 demonstram a relação existente entre os teores de cada nutriente e suas quantidades em cada componente da biomassa.

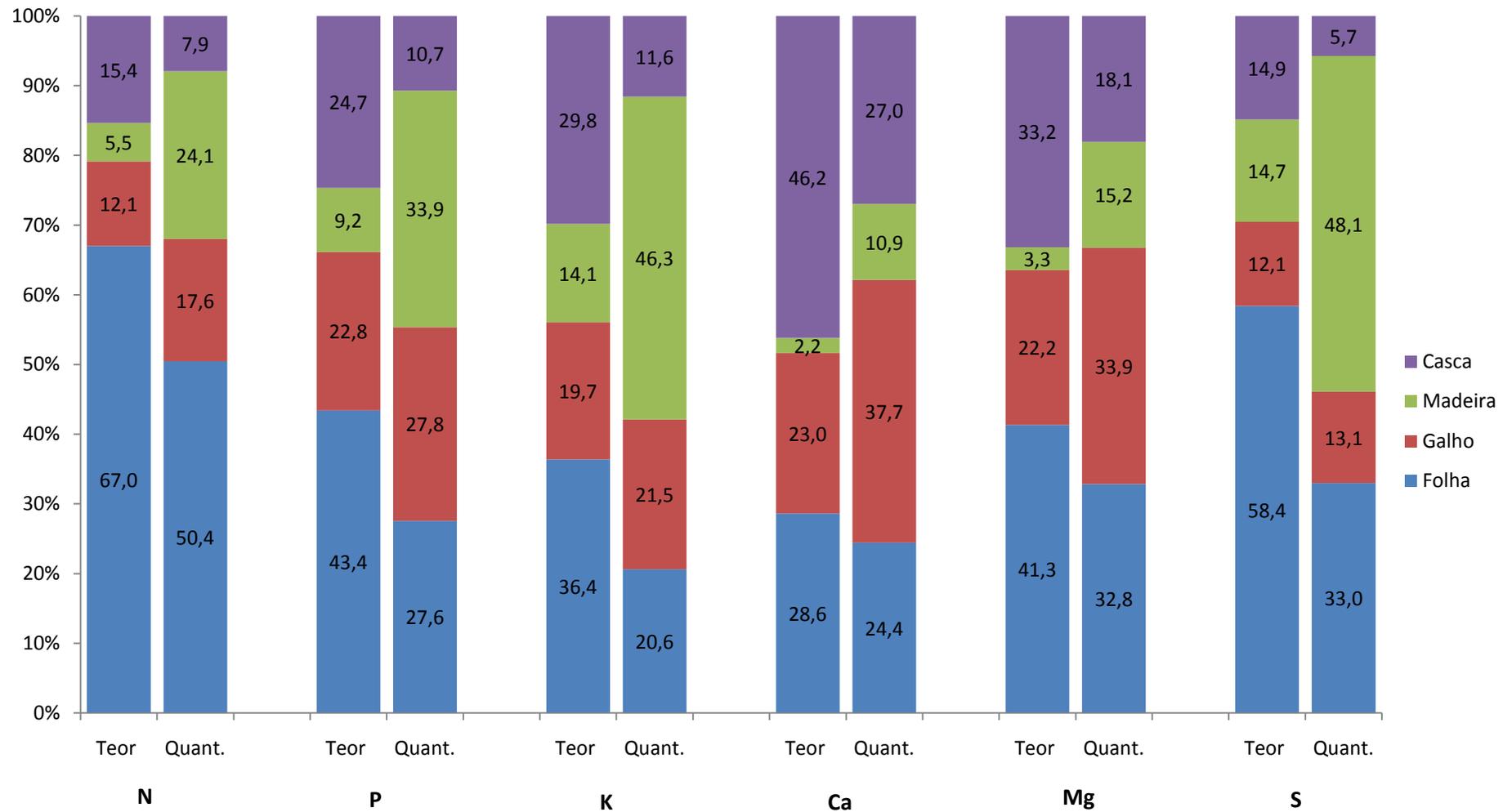


Figura 6 – Distribuição relativa dos teores e quantidades de macronutrientes em cada componente da biomassa acima do solo.

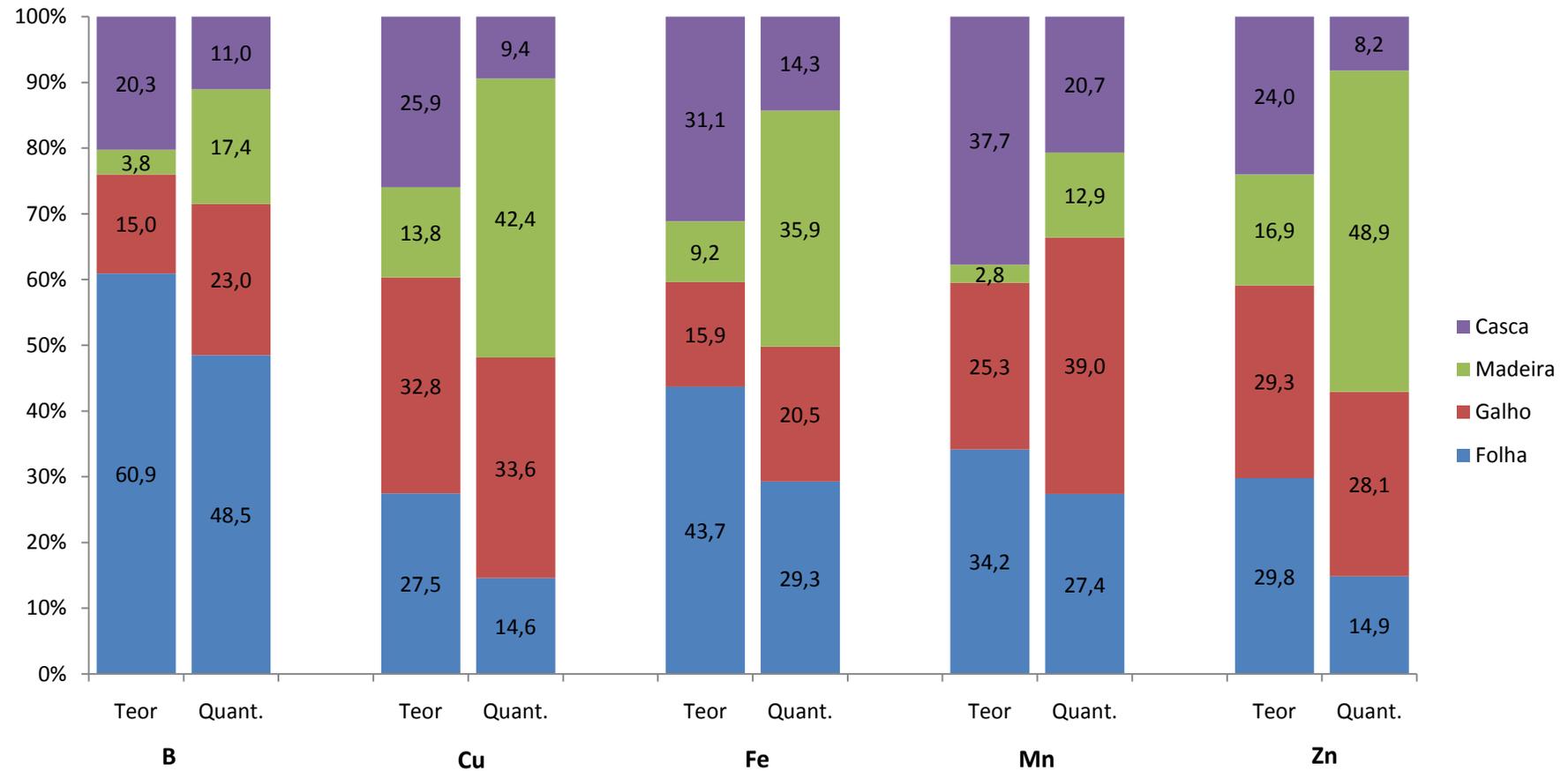


Figura 7 – Distribuição relativa dos teores e quantidades de micronutrientes em cada componente da biomassa acima do solo.

Os maiores teores (67%) e quantidades (50,4%) de N foram encontrados no componente folha. Os maiores teores de P, K e S também foram encontrados no componente folha, porém as maiores quantidades (33,9%, 46,3% e 48,1%, respectivamente) foram obtidas no componente madeira. Para o elemento Ca, os maiores teores foram observados na casca e para o elemento Mg, foram observados nas folhas, porém ambos tiveram a maior quantidade encontrada nos galhos (37,7% e 33,9%, respectivamente).

A maior concentração de nitrogênio nas folhas pode ser explicada pelo fato de este elemento participar nas reações de metabolismo de compostos, que ocorrem através da fotossíntese nas folhas (MALAVOLTA, 1985; EPSTEIN; BLOOM, 2006).

Dos micronutrientes analisados somente o B apresentou os maiores teores e quantidades relativas no mesmo componente (Folha). Os elementos Fe e Zn apresentaram os maiores teores nas folhas, já as maiores quantidades foram mensuradas na madeira. A maior concentração de Cu foi observada nos galhos, enquanto as maiores quantidades foram mensuradas na madeira. Já o elemento Mn teve a maior concentração na casca e as maiores quantidades obtidas nos galhos.

A discrepância entre os valores relativos de teores e de quantidades de nutrientes observados, para um mesmo componente (Figuras 6 e 7), é explicada pelas diferenças entre as quantidades de biomassa estocadas nos componentes, onde por vezes, mesmo que a concentração de um elemento seja superior, a biomassa do componente é pouco representativa perto de outro, com possível concentração superior.

4.4 Coeficiente de utilização biológica

Na Tabela 13, são observados os coeficientes de utilização biológica de cada nutriente em cada componente da biomassa acima do solo. De acordo com Silva, Poggiani e Coelho (1983) a eficiência na utilização de nutrientes implica em uma menor exigência nutricional, sendo deste modo o CUB um parâmetro de grande valia na seleção de espécies a serem utilizadas nos plantios, com ênfase para os sítios de baixa fertilidade.

Os maiores valores observados neste coeficiente foram para os elementos Cu e B, no componente da madeira. Guimarães (2014) observou, no mesmo componente, os maiores valores nos elementos Cu e P, já Beulch (2013) obteve maiores coeficientes para o S e P. Diferente destes, Viera (2012), observou os maiores valores de CUB, também para o componente madeira, nos elementos Cu e Zn.

Tabela 13 – Coeficiente de Utilização Biológica (CUB) nos diferentes componentes da biomassa acima do solo de *Eucalyptus urograndis* aos 78 meses de idade.

Componente	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Madeira	774	2.197	404	1.398	4.150	4.097	409.650	437.424	41.404	9.688	199.911
Casca	277	819	190	67	411	4.046	76.375	232.004	12.285	712	140.537
Galho	351	888	288	134	614	4.975	102.797	183.234	24.025	1.061	115.252
Folha	64	465	156	107	330	1.029	25.387	219.258	8.754	787	113.261

Os maiores coeficientes de utilização biológica foram observados no componente madeira, em conformidade com os resultados obtidos por Beulch (2013) e Viera (2012), com exceção do S que teve seu maior CUB no componente galhos. De maneira geral os maiores valores para este coeficiente foram encontrados, em ordem decrescente, nos seguintes componentes: madeira > galho > casca > folha.

A distribuição para o componente madeira, também de forma decrescente, segue a seguinte ordem para macronutrientes, Mg > S > P > Ca > N > K e para micronutrientes, Cu > B > Zn > Fe > Mn.

De acordo com Viera (2012), devem-se utilizar materiais genéticos que possuam eficiência compatível com a fertilidade do solo em que se pretende implantá-los, a exemplo dos solos de baixa fertilidade, como é o caso dos areais estudados.

4.5 Remoção de nutrientes pela colheita

Dos três cenários simulados (Tabela 14) o que apresentou maior remoção de nutrientes foi a colheita de toda a biomassa acima do solo. Nesta situação os macronutrientes removidos em maiores quantidades seriam o Ca (146,8 Kg ha⁻¹), o K (119,6 Kg ha⁻¹) e o N (120,0 Kg ha⁻¹) seguidos do Mg, P e S, em ordem decrescente de quantidade.

Tabela 14 – Estimativa da remoção de macro e micronutrientes em diferentes intensidades de colheita de *Eucalyptus urograndis* aos 78 meses de idade.

Intensidade	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	kg ha ⁻¹						g ha ⁻¹				
Madeira do tronco	28,9	10,2	55,4	16,0	5,4	5,5	54,6	51,1	539,9	2.307,3	111,8
Madeira do tronco + Casca	38,4	13,4	69,2	55,6	11,8	6,1	89,1	62,5	754,5	6.007,1	130,6
Total acima do solo	120,0	30,0	119,6	146,8	35,5	11,3	312,7	120,4	1.502,4	17.876,5	228,8

O melhor cenário, sob o aspecto da sustentabilidade do sistema, é a remoção somente da madeira do tronco. Este cenário ocasiona a menor remoção de nutrientes entre os testados; os valores removidos representam, para todos nutrientes, menos de 50% da quantidade de nutrientes removida na colheita de toda biomassa acima do solo (Figura 8).

Na colheita apenas da madeira, os macronutrientes com maior quantidade exportada seriam o K (55,4 Kg ha⁻¹) seguido do N (28,9 Kg ha⁻¹) e Ca (16 Kg ha⁻¹), e os micronutrientes com maiores quantidade exportadas seriam o Mn (2307,3 g ha⁻¹), o Fe (539,9 g ha⁻¹) e o Zn (111,8 g ha⁻¹).

Entre a colheita de somente a madeira e da madeira com casca observa-se um acréscimo na exportação de todos nutrientes, porém com uma ênfase na exportação de Ca e Mg, passando de 10,9 % e 15,2% para 37,9% e 33,2%, respectivamente (Figura 8). O que se explica pela maior quantidade desses macronutrientes encontrada no componente casca (Descrita no Item 4.4).

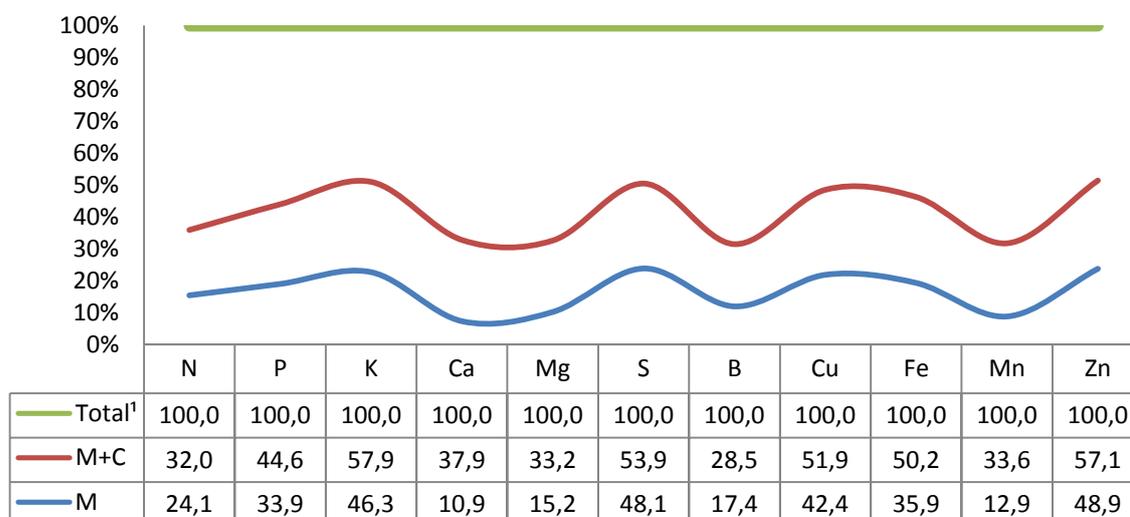


Figura 8 – Remoção percentual de nutrientes em diferentes intensidades de colheita na biomassa acima do solo.

Onde: Total = Quantidade total de nutrientes estocados na biomassa acima do solo (Madeira do tronco, casca, galhos e folhas); ¹ O percentual total (100%) não considera os nutrientes estocados na biomassa de serapilheira acumulada e as entradas pela precipitação, correspondendo apenas as frações da biomassa avaliadas neste trabalho; M+C = Quantidade de nutrientes estocados na biomassa da madeira do tronco e casca; M = Quantidade de nutrientes estocados na madeira do tronco.

Os resultados obtidos no cenário de colheita de madeira com casca estão em concordância com diversos estudos (SANTANA et al., 1999; GUEDES, 2005; VIERA et al., 2011; VIERA, 2012), e representam grande remoção de nutrientes na colheita, implicando em reposições nutricionais nos ciclos seguintes.

5 CONCLUSÕES

A partir da análise da quantidade de biomassa acumulada, foi possível averiguar que o desenvolvimento do híbrido, nestas condições edafoclimáticas e com os tratos silviculturais utilizados, apresentou valores baixos de produtividade.

A baixa quantidade de nutrientes acumulada na biomassa explicita a deficiente fertilidade do solo, sendo também, reflexo dos valores de biomassa acumulada.

O baixo desenvolvimento do povoamento não pode ser atribuído ao híbrido e sim, à baixa qualidade do sítio e aos tratos utilizados.

A colheita somente da madeira do tronco demonstrou, a partir da comparação entre os cenários simulados, ser melhor opção quando se objetiva a sustentabilidade nutricional do povoamento, uma vez que esta aumenta o percentual de nutrientes deixados no campo.

6 RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos neste trabalho demonstram um potencial incipiente destas áreas, abrindo espaço para que trabalhos com foco na avaliação de diferentes tratamentos silviculturais sejam realizados, principalmente no que se refere à adubação, uma vez que a lixiviação de nutrientes é algo marcante nos solos arenizados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, C. P.; MUROYA, K.; GARCIA, L. C.; LIMA, R. M. B.; MOURA, J. B.; NEVES, E. J. M. Relação hipsométrica para quatro espécies florestais em plantio homogêneo e em diferentes idades na Amazonia ocidental. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p. 5-29, 1999.

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

BARICHELO, L. R.; SCHUMACHER, M. V.; VOGEL, H. L. M. Quantificação da biomassa de um povoamento de *Acacia mearnsii* De Wild. na Região Sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 1/2, p. 129-135, mar. 2005.

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Solos e nutrição florestal: Contribuição para a silvicultura brasileira. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto – SP. p. 26. mar/mai, 2010.

BARTOSZECK, A. C. P. S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Modelagem da relação hipsométrica para bracatingais da região metropolitana de Curitiba-PR. **Floresta**, v.32, n.2, p.189-204, 2002.

BEHLING, H.; PILLAR, V. e BAUERMANN, S. G. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (campos), fire and climate dynamics, inferred from a high-resolution pollen record of Cambará do Sul in southern Brazil. **Palaeogeograph, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, 203:277-297, 2004.

BEHLING, H.; PILLAR, V.D.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary grassland (Campos), gallery forest, fire and climate dynamics studied by pollen, charcoal and multivariate analysis of the São Francisco de Assis core in western Rio Grande do Sul (southern Brazil). **Review of Paleobotany and Palynology**, 133:235-248, 2005.

BENATTI, B.P. **Compartimentalização de biomassa e nutrientes em estruturas de plantas de eucalipto cultivadas em solos distintos**. 2013. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

BEULCH, L.S. **Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus saligna* Smith submetido ao primeiro desbaste**. 2013. 58 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)– Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

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

CIB – Conselho de Informações sobre Biotecnologia. **Guia do eucalipto: oportunidades para um desenvolvimento sustentável.** Mai., 2008. Disponível em: <http://cib.org.br/wp-content/uploads/2011/10/Guia_do_Eucalipto_junho_2008.pdf> Acesso em 13/04/2015.

CINTRA, A. T. D. F. Entrada atmosférica de nutrientes e poluentes em um ecossistema florestal urbano, Maciço da Pedra Branca – RJ. Rio de Janeiro. Departamento de Química, PUC, 2004.

CUNHA, G. de M. et al. Ciclagem de nutrientes em *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n.3, p. 353-363, 2005.

CURLIN, J. W. Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest fertilization. In: Youngberg, C. T. e C. B. Davey. (Eds.). **Tree growth and forest soils.** Oregon: Oregon State University Press, 1970. p. 313 - 326.

CQFS – RS/SC. COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400p.

CRS/IBAMA, CENTRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite, acordo de cooperação técnica MMA/IBAMA Monitoramento do bioma Pampa 2002 a 2008.** Brasília, 02 jun. 2010.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição mineral de plantas:** princípios e perspectivas. Tradução Maria Edna Tenório Nunes. Londrina: Editora Planta, 2006, 403 p.

FAO. **El eucalipto en la repoblación forestal.** 11. ed. Montes, Roma: Colección FAO, 1981. 723 p.

FERRI, Mario Guimaraes. **Fisiologia Vegetal.** Vol. I e II. Sao Paulo: EPU, 1985.

FINGER, C.A.G. **Fundamentos de Biometria Florestal**. Santa Maria: FSM/FATEC/CEPEF, 1992. 269p.

FREITAS, R. A. **Estudo da 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. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

GOLLEY, F. B. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. Tradução de Eurípides Malavolta. São Paulo: EPU, 1975. 256 p.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de Adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e Espécies Típicas da Mata Atlântica. **DOCUMENTOS FLORESTAIS**. Piracicaba (15): 1 –23, 1995

GUEDES, M. C. **Ciclagem de nutrientes após a aplicação de lodo de esgoto (biossólido) sobre latossolo cultivado com *Eucalyptus grandis***. 2005. 154 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “ Luiz de Queiroz” USP, Piracicaba, 2005.

GUIMARÃES, C.C. **Biomassa e Nutrientes em Plantios de Eucaliptos no Bioma Pampa**. 2014. 63p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

GUO, L.B. et al. Biomass production and nutrient export and nutrient cycling in *Eucalyptus* short rotation energy forests in New Zealand: II. Litter fall and nutrient return. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 30, n. 5, p. 393–404, 2006.

HERNÁNDEZ, J. et al. Nutrient export and harvest residue decomposition patterns of a *Eucalyptus dunnii* Maiden plantation in temperate climate of Uruguay. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 258, n. 2 p. 92–99, 2009.

IBA – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. Anuário estatístico da indústria brasileira de árvores: ano base 2013. Brasília: IBA, 2014. 97 p

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa da Vegetação do Brasil**. 2004 Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/> . Acesso em: 15 ago. 2015.

RIO GRANDE DO SUL. Governo do Estado. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. 2002. Disponível em: <www.ufsm.br/ifcrs>.

KRAMER, R.J. & KOLOWSKI, T.T. **Fisiologia das Árvores**. Lisboa. Fundação Kalouste Goulbenkian, 1972. 745 p.

LOETSCH, F., SÖHRER, F., HALLER, K.E. **Forest Inventory**. München: BLV. Verlagsgesellschaft, 1973, 469p.

MALAVOLTA, E. Absorção e transporte de íons e nutrição mineral. In: FERRI, M. G. **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo : EPU, 1985. p. 77-116.

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

LORENZI, H. et al. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. São Paulo: Nova Odessa, 384 p., 2003.

MARCHIORI, J. N. C. Considerações terminológicas sobre os campos sulinos. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria: UFSM, v. 24, p. 139-150, 2002.

MARTIN, B.; COSSALTER, C. Les Eucalyptus des Iles de la Sonda. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 163; p. 3,25, 1975.

MARTINS, F. G.; IKEMORI, Y. K. Produção de híbridos de eucalipto na Aracruz. In: REUNIAO SOBRE TECNICAS PARA PRODUCAO DE HIBRIDOS, 1987, Piracicaba. Anais..., Piracicaba, IPEF, 1987.15 p.

MATZENAUER, R.; RADIN, B.; ALMEIDA, I. R. (Ed.). **Atlas Climático: Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura Pecuária e Agronegócio; Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2003. Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção. **Instrução Normativa nº03**, de 26 de maio de 2003.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MURAOKA, T. et al. Análises químicas de tecido vegetal. In: SILVA, F.C. (Org.). Manual de análises químicas de solos, plantas e

fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. cap. 4, p.171-224.

MORA, A. L., GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. Sao Paulo: SBS, 2000. 112p.

OVERBECK, G. E.; MÜLLER, S. C.; PILLAR, V. D.; PFADENHAUER, J. Floristic composition, environmental variation and species distribution patterns in burned grassland in southern Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 66: 1073-1090. 2006.

OVERBECK, G.E. et al. Brazil's neglected biome: The South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.9, n.2, p.101-116 In press. 2007.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos. Escolha de cultivares de eucaliptos em função do ambiente e do uso. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2013. 11 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 316).

PEREIRA, A. R.; BARROS, N. F.; ANDRADE, D. C.; CAMPOS, P. T. A. Concentração e distribuição de nutrientes em *Eucalyptus grandis* em função da idade, cultivado na região do cerrado. **Brasil Florestal**, n.59, p.27 – 37, 1984.

POGGIANI, F. et al. Exportação de biomassa e nutrientes através da exploração dos troncos e das copas de um povoamento de *Eucalyptus saligna*. **IPEF**, n. 25, p.37-39, 1983.

QUEIROZ, L. R. de S.; BARRICHELO, L. E. G. O eucalipto – Um século no Brasil. 1ª ed. Neoband Soluções Gráficas, São Paulo, 2007. 127 p.

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: Folha de Viçosa, 1990. p. 265-301.

RUY, O. F. **Variacao da qualidade da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonesia**. Piracicaba, 1998. 69 f. (Mestrado em Ciencia e Tecnologia da Madeira)- “Luiz de Queiroz”. Universidade de Sao Paulo, Sao-Paulo.

SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; DALLA CÔRTE, A. P.; FERNANDES, L. A. V.; SIQUEIRA, J. D. P. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. Curitiba, PR. Ed. Multi-Graphic, 2009, 316p.

SANTANA, R. C.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Biomassa e conteúdo de nutrientes de procedências de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* em alguns sítios florestais do Estado de São Paulo. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 155-169, dez. 1999.

SAS - STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. Sistema integrado de aplicações para análise estatística de dados. 1996.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. Análise de regressão aplicada à engenharia florestal. FACOS-UFSM: Santa Maria, 2009. 294 p.

SCHUMACHER, M.V.; CALDEIRA, M. V. W. Estimativa da biomassa e do conteúdo de nutrientes de um povoamento de *Eucalyptus globulus* (labillardière) sub-espécie *maidenii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 45-53, jan.-jun. 2001.

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.

SCHUMACHER, M.V.; WITSCHORECK, R.; CALIL, F.N. Biomassa em povoamentos de *Eucalyptus* spp. de pequenas propriedades rurais em Vera Cruz, RS. **Ciência Florestal**. v 2, p. 17-22, 2011

SILVA, H. D.; POGGIANI, F.; COELHO, L. C. Biomassa, concentração e conteúdo de nutrientes em cinco espécies de *Eucalyptus* plantadas em solos de baixa fertilidade. **Boletim 115 de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 6/7, p. 9-25, jun.-dez. 1983.

SOUZA, G. T. O.; AZEVEDO, G. B.; BARRETO, P. A. B.; JUNIOR, V. C. Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia. **Scientia Plena**. v. 9, n. 4, p. 1-7, 2013.

STRECK, E. V.; et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto alegre: EMATER/RS, UFRGS, 2002, 126 p.

SUERTEGARAY, D. M. A.; GUASSELLI, L. A.; VERDUM, R.; BASSO, L. A.; MEDEIROS, R. M. V.; MARTINS, R.; ROSSATO, M. S.; BELLANCA, E. T.; BERTÊ, A. M. de A.. **Atlas da Arenização Sudoeste do Rio Grande do Sul**. 1. ed. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento e Secretaria da Ciência e Tecnologia, Governo do Estado do RS, 2001, 84 p.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C. BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

VIERA, M. **Crescimento inicial e produtividade em plantios monoespecíficos e mistos de *Eucalyptus urograndis* e *Acácia mearnsii* em sistema agrossilvicultural**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2010.

VIERA, M. **Dinâmica nutricional em um povoamento híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus* em Eldorado do Sul-RS**, Brasil. 2012. 119 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; BONACINA, D. M. Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda* L. em Cambará do Sul, RS. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 371-379, maio-jun. 2011.

VIERA, M.; BONACINA, D. M.; SCHUMACHER, M. V.; CALIL, F. N.; CALDEIRA, V. W.; WATZLAWICK, L. F. **Biomassa e nutrientes em povoamento de *Eucalyptus urograndis* na Serra do Sudeste- RS**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, suplemento 1, p. 2481-2490, 2012.

VIERA, M. **Avaliação da biomassa e nutrientes em povoamentos de *Eucalyptus saligna* Sm. e *Eucalyptus urograndis* no município de Pinheiro Machado, RS**. 2007. Relatório (Estágio Supervisionado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

VITTI, G. C. **Adubação e nutrição do eucalipto**. Piracicaba: ESALQ, 2002. 45 p.

APÊNDICES

Apêndice A – Aspecto geral do talhão no município de Maçambará - RS



Apêndice B – Perfil de solo em trincheira, dentro do talhão estudado no município de Maçambará - RS

