

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

FERNANDA FERREIRA YUKIMITU

**BIOMASSA E NUTRIENTES NO FUSTE E FOLHAS DE EUCALIPTO EM RES-
POSTA AO MANEJO DA ADUBAÇÃO**

**Ilha Solteira
2023**

FERNANDA FERREIRA YUKIMITU

**BIOMASSA E NUTRIENTES NO FUSTE E FOLHAS DE EUCALIPTO EM RES-
POSTA AO MANEJO DA ADUBAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha
Solteira – UNESP como parte dos requisitos
para obtenção do título de Engenheira Agrô-
noma.

Nome do orientador

Thiago Assis Rodrigues Nogueira

Ilha Solteira

2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

F383b Ferreira Yukimitu, Fernanda.
Biomassa e nutrientes no fuste e folhas de eucalipto em resposta ao manejo da adubação / Fernanda Ferreira Yukimitu. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
38f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Thiago Assis Rodrigues Nogueira

Inclui bibliografia

1. Eucalyptus urophylla. 2. Adubação mineral. 3. Produção de madeira. 4.
Biomassa.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

ATA DA DEFESA-TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

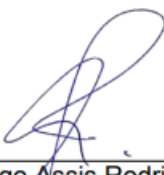
TÍTULO: BIOMASSA E NUTRIENTES NO FUSTE E FOLHAS DE EUCALIPTO EM RESPOSTA AO MANEJO DA ADUBAÇÃO

ALUNA: Fernanda Ferreira Yukimitu RA: 152052844

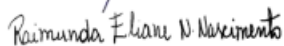
ORIENTADOR: Prof. Dr. Thiago Assis Rodrigues Nogueira

Aprovada (X) - Reprovada () pela Comissão Examinadora com Nota: 9,5

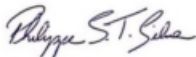
Comissão Examinadora:



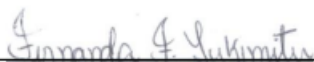
Prof. Dr. Thiago Assis Rodrigues Nogueira
Presidente (Orientador)



Me. Raimunda Eliane Nascimento do Nascimento



Me. Philippe Solano Toledo Silva



Fernanda Ferreira Yukimitu

Ilha Solteira, 18 de janeiro de 2023.

DEDICO

À toda minha família, amigos e ao meu marido Rodrigo por todo suporte e paciência durante toda minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder consciência e saúde para que eu pudesse superar todos os desafios durante esta etapa.

Aos meus pais Keizo e Sonia, e aos meus irmãos Adriana e Vitor, à minha cunhada Gable e meu marido Rodrigo por fornecerem todo o apoio, incentivo e presença quando foi preciso.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Thiago Assis Rodrigues Nogueira, por toda paciência e orientação que contribuiu para meu desenvolvimento e experiências que carregarei para a vida.

A todos os professores da graduação, que direta ou indiretamente contribuíram para meu desenvolvimento pessoal e profissional durante todos esses anos.

Ao grupo GENAFERT, por todos os dias de trabalho, os momentos de lazer e as experiências trocadas nesse período.

Aos meus amigos, em especialmente da turma L, Joana, Bruna, Ingrid, Bruno, Jairo e João Pedro por todo companheirismo e ajuda ao longo desses anos.

Ao João Leonardo Miranda Bellotte, pela oportunidade e ajuda para este trabalho acontecer.

A Fundação de Ensino, Pesquisa e Extensão de Ilha Solteira - (FEPISA) pelo suporte financeiro para a pesquisa e bolsa de iniciação científica - Processo N°016/2019

RESUMO

As florestas plantadas de eucalipto têm se expandido principalmente na região do Mato Grosso do Sul e em solos de baixa fertilidade e alta acidez, como os do Cerrado. Desse modo, é de extrema importância o manejo adequado da adubação. Objetivou-se, com o presente estudo, identificar se a adubação suplementar influenciou a produção de madeira do eucalipto bem como o impacto dessa adubação na dinâmica e produção de biomassa entre os compartimentos da árvore. O experimento foi desenvolvido no município de Três Lagoas/MS, em áreas comerciais da empresa de celulose Eldorado Brasil. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso, com dois tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram constituídos de adubação operacional (praticado pela empresa) e a adubação suplementar (mesma adubação praticada pela empresa acrescido de adubação adicional). No estudo foi avaliado a produção de madeira, quantificado a biomassa dos compartimentos lenho sem casca, casca, folha, galho verde e galho seco e determinado seus teores nutricionais. Os resultados obtidos foram submetidos ao Teste de Wilcoxon. Há influência da adubação suplementar no aumento da produção de madeira aos 4 e aos 6,2 anos de idade e aumento da biomassa do lenho sem casca e da casca. Porém, não há alterações significativas na maior parte dos nutrientes nos compartimentos avaliados lenho sem casca, casca, folha, galho verde e galho seco. Conclui-se que a adubação suplementar promoveu aumento de ganhos na produção de madeira e biomassa dos compartimentos, com destaque para a biomassa do lenho.

Palavras-chave: *Eucalyptus urophylla*; Adubação mineral; Produção de madeira; Biomassa.

ABSTRACT

Eucalyptus planted forests have expanded mainly in the Mato Grosso do Sul region and in soils of low fertility and high acidity, such as those of the Cerrado region. Thus, adequate fertilizer management is extremely important. The objective of this study was to identify whether supplemental fertilization influences eucalyptus wood production, as well as the impact of this fertilization on biomass dynamics and production among tree compartments. The experiment was carried out in the municipality of Três Lagoas/MS, in commercial areas of the pulp company Eldorado Brasil. A randomized block design was used, with three repetitions and two treatments: operational fertilization (as used by the company) and supplementary fertilization (the same fertilization used by the company plus additional fertilization). The study evaluated the wood production, quantified the biomass of the compartments barkless wood, bark, leaf, green branch, and dry branch, and determined their nutritional contents. The results obtained were confirmed by the Wilcoxon test. There is an influence of supplemental fertilization on the increase in wood production at 4 and 6.2 years of age and an increase in the biomass of barkless wood and bark. However, there are no changes in most of the nutrients in the evaluated compartments barkless wood, bark, leaf, green branch, and dry branch. We concluded that fertilization promoted increased supplementary gains in wood production and biomass of the compartments, with emphasis on the woody biomass.

Keywords: *Eucalyptus urophylla*; Mineral fertilization; Wood production; Biomass.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comparação da produção (volume de madeira com casca) estimado em m ³ ha-1 entre áreas com adubação operacional e suplementar até os seis anos de idade.	15
Figura 2. Teores macronutrientes Nitrogênio, Fósforo, Cálcio, Potássio, Magnésio e Enxofre (N, P, K, Ca, K, Mg e S) no lenho, casca, folha, galho verde e galho seco em resposta à adubação operacional e suplementar (Continua)	24
Figura 3. Teores de micronutrientes Boro, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco (B, Cu, Fe, Mn e Zn) no lenho, casca, folha, galho verde e galho seco em resposta à adubação operacional e suplementar	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Localização das parcelas experimentais nas áreas comerciais da empresa Eldorado Brasil.	8
Tabela 2. Análise granulométrica do solo das áreas comerciais da empresa Eldorado.	9
Tabela 3. Análise química inicial do solo das áreas comerciais da empresa Eldorado Brasil.	10
Tabela 4. Insumos, doses e épocas de aplicação dos tratamentos.	12
Tabela 5. Valores médios da produção dos povoamentos com 2,1; 4,0 e 6,2 anos, em função dos tratamentos.	15
Tabela 6. Produção biomassa nos compartimentos lenho s/ casca, casca, folha e galhos em t ha ⁻¹	17
Tabela 7. Teores de nutrientes no compartimento lenho da biomassa da cultura do Eucalipto sob efeito de duas adubações aos 6,2 anos de idade	19
Tabela 8. Teores de nutrientes no compartimento casca da biomassa da cultura do Eucalipto sob efeito de duas adubações aos 6,2 anos de idade.	20
Tabela 9. Teores de nutrientes no compartimento folha da biomassa da cultura do Eucalipto sob efeito de duas adubações aos 6,2 anos de idade.	21
Tabela 10. Teores de nutrientes no compartimento galho verde da biomassa da cultura do Eucalipto sob efeito de duas adubações aos 6,2 anos de idade.	22
Tabela 11. Teores de nutrientes no compartimento galho seco da biomassa da cultura do Eucalipto sob efeito de duas adubações aos 6,2 anos de idade.	23

Sumário

	Página
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1. A cultura do Eucalipto	2
2.2. Cerrado do Mato Grosso do Sul	3
2.3. Nutrição e adubação da cultura do eucalipto.....	4
3. HIPÓTESE	7
4. OBJETIVOS	7
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	8
5.1. Local de estudo.....	8
5.3. Avaliações: volume, partição de biomassa e nutrientes.....	13
5.4. Delineamento experimental e análises estatísticas.....	14
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
6.1. Volume total de madeira com casca	15
6.2 Biomassa acima do solo	17
6.3. Nutrientes nos compartimentos	18
7. CONCLUSÃO	26
8. REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

As florestas plantadas têm grande potencial de crescimento e podem ser encontradas em todos os estados brasileiros. As plantações de eucalipto correspondem a maior parte dessas florestas e estão localizadas, principalmente, em Minas Gerais (27%), São Paulo (12%) e Mato Grosso do Sul (13%) (IBÁ, 2022).

As produtividades florestais estão relacionadas a diversos fatores como densidade de povoamento, rotações, exigência nutricional, potencial de crescimento do genótipo e capacidade produtiva da área a ser plantada, além do manejo dessas florestas (GUIMARÃES, 2016). As florestas plantadas se encontram em áreas de baixa fertilidade e elevada acidez, como em solos da região do Cerrado, sendo característico a elevada capacidade de fixação de fósforo (P) e alto potencial de lixiviação de bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+}), exigindo a utilização de fertilizantes para suprir o desenvolvimento da planta e alcançar altas produtividades (ROCHA, 2017).

Solos de baixa fertilidade também são encontrados em áreas de pastagens degradadas, como exemplo tem-se o estado de Minas Gerais, onde 45% destas pastagens se enquadravam como fortemente degradadas, sendo comum o cultivo de eucalipto em floresta plantada ou em consórcio com a pecuária, para a recuperação dessas áreas, sendo uma espécie de rápido crescimento e estabelecer condições para o desenvolvimento de espécies nativas no sub-bosque (CUNHA, 2012; SANTOS et al, 2014; GONTIJO NETO, 2021).

O estudo da biomassa, da alocação e teor de nutrientes nos compartimentos arbóreos é de grande importância para a escolha do manejo mais adequado da floresta plantada, visto que dependendo do tipo de colheita realizada, existe maior ou menor exportação de nutrientes. Além disso, o manejo inadequado pode levar à exaustão de nutrientes no solo (VIERA, 2013).

Devido ao significativo aumento dos povoamentos de eucalipto na região do Borsão do Mato Grosso do Sul, associado à escassez de estudos sobre manejo nutricional em condições edafoclimáticas que caracterizam este local, se faz necessária a busca por novas informações por meio de pesquisas que possam verificar a magnitude de respostas do eucalipto a alguns nutrientes, nas condições de Cerrado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do Eucalipto

O gênero *Eucalyptus* tem origem na Austrália e ilhas próximas. São reconhecidas mais de 700 espécies adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas. Todavia, apenas aproximadamente 20 espécies são plantadas comercialmente no mundo. No Brasil, as espécies mais cultivadas são *E. saligna*, *E. grandis* e *E. urophylla* - e seu híbrido, o *E. urograndis*. Com diversas propriedades físico-químicas, é possível gerar produtos como lenha, carvão vegetal, moirões, dormentes, chapas, energia, papel e celulose, entre outros, para consumo interno ou exportação (FLORES et al., 2009; DOURADO, 2012; EMBRAPA, 2019a).

O eucalipto foi introduzido no Brasil em meados do século XIX, inicialmente para fins ornamentais, como quebra-vento e extração de óleo essencial, diferentemente do que já acontecia em outros países cuja finalidade do eucalipto era para produção madeireira, devido ao seu rápido desenvolvimento vegetativo e rusticidade. No entanto, foi no século XX que o crescimento da silvicultura ganhou impulso pela necessidade de novas tecnologias e conhecimentos, sendo fundadas escolas de engenharia florestal, além de incentivo governamental por meio de programas florestais, chegando ao cenário atual, ou seja, uma forte indústria de papel e celulose, entre outros produtos (FOELKEL, 2005; VITAL, 2007; MAZZETTE, 2017).

O Brasil vem crescendo no setor de silvicultura, comumente, em terras antes degradadas. Estima-se que tenha 9,9 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo 75% correspondente ao cultivo do eucalipto, principalmente, nas regiões Sul e Sudeste. Dos produtos obtidos com o eucalipto, o Brasil se destaca pela produção de papel e celulose, ocupando o segundo lugar entre os países produtores de celulose e décimo lugar na produção de papel, de acordo com os dados da Indústria Brasileira de Árvores – IBA (IBA, 2022). Com investimento em pesquisa e tecnologia florestal, do melhoramento genético ao processamento da celulose, o Brasil é referência mundial no cultivo de eucalipto. Nesse contexto, temos a importância da indústria brasileira de árvores na economia, em que manteve na última década, na média, desempenho acima do PIB do Brasil (IBÁ, 2022). De modo geral, os municípios com plantios comerciais obtiveram aumento do Índice de Desenvolvimento

Humano Municipal (IDHM) nas suas três dimensões: renda, longevidade e educação (IBGE, 2019; IBA, 2022).

2.2. Cerrado do Mato Grosso do Sul

O bioma Cerrado está localizado no Planalto Central do Brasil, ocupando 22% do território nacional. Nesta área, predomina o clima tropical e subtropical, com duas estações bem definidas: seca (maio a setembro) e outra chuvosa (outubro a março). Esse bioma apresenta uma grande riqueza de biodiversidade, onde sua flora contém mais de 200 espécies que podem ser usadas para fins medicinais, 416 usadas para recuperação de solos degradados e mais de 10 tipos de frutos comestíveis e regularmente consumidos pela população. Em relação à fauna, há aproximadamente 200 espécies de mamíferos, mais de 800 de aves, 1200 de peixes, 180 de répteis e 150 espécies de anfíbios. Trata-se do local das nascentes das bacias Amazônica/Tocantins, do Prata e do Rio São Francisco (LOPES, 2013; ESTRABIS et al., 2019).

No Cerrado, os Latossolos predominam nas áreas de relevo suave, favoráveis à utilização de maquinários. São solos muito intemperizados, com baixa reserva de nutrientes, baixa à média CTC, sendo 95% dos latossolos distróficos e ácidos (EMBRAPA, 2019b). O clima e o desenvolvimento de tecnologias tornaram possível realizar o primeiro corte da cultura do eucalipto já aos sete anos de idade, sendo que em países de clima temperado segundo Dalcomuni (1990) pode demorar até 50 anos. Com todas essas particularidades e o impulso da silvicultura no país, os investimentos industriais nesta região vem crescendo potencialmente.

O Estado de Mato Grosso do Sul possui 61% do seu território composto pelo bioma Cerrado. Com isso, tem registrado um aumento de 36% na produção madeireira para papel e celulose, contendo cinco dos 10 municípios com maior área florestal plantada. Dentre esses municípios, Três Lagoas tornou-se um forte parque industrial, onde estão localizadas grandes empresas de papel e celulose, como a Eldorado Brasil e a Suzano Papel e Celulose. Em 2017, Três Lagoas rendeu com sua produção florestal primário, a segunda maior contribuição do país, com R\$ 389,9 milhões (TONELLO et al., 2008; IBGE, 2019).

2.3. Nutrição e adubação da cultura do eucalipto

O solo das florestas plantadas de eucalipto comumente é de baixa fertilidade, como os do Cerrado que, de modo geral, apresentam alta acidez e baixo teor de matéria orgânica (MO), fornecendo quantidades de nutrientes insuficientes para o desenvolvimento da vegetação. Sendo assim, é de extrema necessidade um bom manejo da adubação associado à escolha de uma espécie adequada à região para obtenção de altas produtividades (BASTOS, FERREIRA, 2010; SILVA, 2017). Sendo eucalipto é uma espécie arbórea de rápido crescimento, ele requer uma maior proporção de macro e micronutrientes, supridas até a idade de três anos. Após esse período, as ciclagens de nutrientes atendem grande parte da demanda nutricional até a idade de corte (BARROS et al., 2005a).

O nitrogênio (N) tem papel fundamental para a nutrição das plantas, por ser constituinte essencial de proteínas e pigmentos, tendo grande influência sobre seus processos fisiológicos. Esse nutriente participa diretamente de inúmeras etapas da fotossíntese (captação de luz, fixação do dióxido de carbono, etc.), bem como de inúmeros outros processos metabólicos da planta (CABRERA-BOSQUET et al., 2009). A adubação com N, causa discordância com resultados contraditórios, mas é consenso a sua essencialidade na adubação inicial para acelerar o crescimento do eucalipto. Após essa fase, o aumento deste nutriente não reflete proporcionalmente na produtividade. Sendo assim, a ciclagem de nutrientes da biomassa já é suficiente para proporcionar quantidades significativas de N para o desenvolvimento do eucalipto (GAZOLA, 2017). Entre os sintomas de deficiência de N são observados o clareamento da cor verde das folhas, seguida de amarelecimento com pontuações avermelhadas e total avermelhamento das folhas mais velhas (SILVEIRA et al., 2002).

O fósforo (P) é um componente essencial para o organismo vivo, auxiliando na definição da quantidade da biomassa produzida e de forma conjunta contribuir no teor de alcalóides e demais princípios ativos; seu déficit causa a redução da biomassa e, consequentemente, dos metabólitos secundários. É o nutriente mais responsivo às adubações e um dos que mais limita a produção do cultivo de eucalipto na região do Cerrado que, de modo geral, possui solos com baixo teor de P na solução e facilidade de precipitação e adsorção desse nutriente. As empresas geralmente realizam adubação com N-P-K no plantio com o P proporcionalmente 4 a 5 vezes maior que o N e potássio (K), pois é um nutriente de grande

necessidade na implantação do povoamento de eucalipto (MARTINS et al., 1998; PEREIRA, 2014). Os sintomas de deficiência de P são o escurecimento da cor verde das folhas mais velhas, que em seguida ficam arroxeadas e no estágio final apresentam necroses pontuais (SILVEIRA et al., 2002).

A deficiência de K, tem sido comumente encontrada nesses tipos de solo. Esse elemento é o segundo nutriente mais responsivo às adubações, tendo importantes funções como ativador enzimático, controle osmótico, defesa da planta, entre outros. Seu acúmulo na biomassa da parte aérea cresce com a idade do povoamento. Os sintomas de deficiência de K são clorose marginal ou avermelhamento e necrose das margens (SILVEIRA, MALAVOLTA, 2000; BARROS et al., 2005a; PEREIRA, 2014).

Cálcio (Ca) e magnésio (Mg), são amplamente acumulados na biomassa da parte aérea da planta de forma crescente com a idade do povoamento. O Ca é um elemento pouco móvel no floema, tem função estrutural como componente da lamela média da membrana celular, concentrando-se na casca (PEREIRA, 2014; MEDEIROS, 2018). O Mg, de grande mobilidade na planta, faz parte da molécula central da clorofila, além de atuar como ativador e cofator de várias enzimas (GOMES et al., 2011). A deficiência do Ca é percebida pelo surgimento de folhas novas deformadas e retorcidas, podendo ocorrer morte apical e a falta de Mg, gera a clorose internerval nas folhas mais velhas (SILVEIRA et al., 2002).

O enxofre (S), proporciona redução do pH no solo e permite maior interação com o fósforo (STAMFORD et al., 2014). Plantas deficientes em enxofre apresentam menor teor de clorofila e, conseqüentemente, uma coloração verde-pálida. A ausência de S na adubação em conjunto com P, as respostas são baixas ou ausentes, reforçando a importância de uma adubação adequada para a cultura do eucalipto em solos do Cerrado (GAZOLA, 2014).

Exigidos em teores menores, os micronutrientes também são limitantes para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Em níveis adequados, os micronutrientes são importantes para a eficiência do uso de fertilizantes, com o aumento da resistência das plantas à fatores abióticos (estresse hídrico) e bióticos (pragas e doenças) (KIRKBY, RÖMHELD, 2007; CARMO et al., 2012). Não é comum a ocorrência de deficiência nutricional por micronutrientes metálicos, mas após várias rotações de cultivo pode-se ter frequente resposta à fertilização com esses nutrientes (MASSULO, 2018). No geral, ocorre deficiência de B, Cu e Zn.

No que tange às deficiências nutricionais do eucalipto, quando o solo não é adubado adequadamente com boro (B), sintomas são constatados nas folhas e ramos jovens. Esse sintoma é conhecido por “seca dos ponteiros” e se manifesta principalmente nos períodos de seca, com déficit hídrico acentuado, sendo facilmente constatado em plantações comerciais. por exemplo, é importante para diminuição da incidência de seca de ponteiros e aumento da estabilidade da membrana celular e crescimento de raízes, levando a um aumento da eficiência do uso da água (HODECKER, 2014; TAVANTI et al., 2018).

A deficiência de Cu é associada à danos mecânicos afetando a lignificação, produzindo galho susceptíveis à quebra e a deficiência do Zn ocasiona atrofiamento do desenvolvimento das plantas, superbrotamento das gemas e redução do crescimento em altura e menor crescimento foliar (GONÇALVES, 1995; MASSULO, 2018).

Na ocorrência de necessidade de adubações corretivas durante o ciclo de produção, o monitoramento nutricional é uma importante ferramenta na tomada de decisão para ajustes na adubação operacional e avaliação da eficiência após adubações (SILVEIRA, 2000).

Para a sustentabilidade da cultura de eucalipto, com um povoamento de curta rotação, visando conservar a capacidade produtiva do solo, é necessário informações sobre a partição da biomassa. Assim, é fundamental saber quais são os nutrientes e suas concentrações em cada compartimento (lenho, galhos, folhas e casca). Tal fato irá depender do conjunto de fatores, tais como: espécie escolhida, espaçamento utilizado, idade, intensidade da colheita, fertilidade e práticas de manejo do solo. Tudo isso irá possibilitar a escolha da espécie mais adequada de acordo com a finalidade do plantio, seja ela para a produção de energia, madeira ou celulose. Devido ao crescente custo de implantação da cultura do eucalipto, o conhecimento dos nutrientes acumulados na planta é fundamental para um manejo de adubação adequada, que é importante para solos como os da região de Cerrado (baixa fertilidade e acidez) (CALIL et al., 2011; VIERA, 2013; SILVA et al., 2014).

3. HIPÓTESE

As hipóteses testadas neste estudo são: (1) a adubação suplementar aumenta a produção de madeira e (2) a adubação suplementar aumenta o teor dos macros e micronutrientes nos compartimentos lenho sem casca, casca, folha, galho verde e galho seco da árvore.

4. OBJETIVOS

Avaliar se a adubação suplementar influencia na produção de madeira bem como o impacto desta adubação na dinâmica e produção de biomassa entre os compartimentos da árvore.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Local de estudo

O experimento foi desenvolvido em fazendas gerenciadas pela Eldorado Brasil (Tabela 1) com um total de 30 parcelas contendo o material genético I144 (híbrido comercial de *Eucalyptus urophylla*), no período entre março de 2012 e dezembro de 2018. A área representada no estudo foi de aproximadamente 260.000 ha, localizada na região do Bolsão do Mato Grosso do Sul. As áreas experimentais antes da implantação do povoamento florestal eram ocupadas por pastagem degradada. A classificação climática da região de acordo com Köppen é Aw, definida como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno. O solo de todas as fazendas é classificado como LATOSSOLO VERME-LHO Distrófico típico de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – SiBCS (SANTOS et al., 2018).

Esse solo é constituído principalmente pela fração areia ao longo do perfil (Tabela 2). A análise mostra baixos teores de MO, nutrientes e alta acidez (Tabela 3). A amostragem para a análise química inicial do solo foi realizada nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm (Tabela 2). As análises químicas foram realizadas conforme a metodologia descrita por Raij et al., (2001).

Tabela 1. Localização das parcelas experimentais nas áreas comerciais da empresa Eldorado Brasil.

Fazenda	Cidade	Coordenadas geográficas
Barraca	Inocência – MS	19° 55,998' S 51° 35,772' W
Beira Rio	Selvíria – MS	20° 10,797' S 51° 39,950' W
Nova Olinda	Selvíria – MS	20° 10,015' S 51° 46,075' W
Três Meninas	Aparecida do Taboado - MS	20° 4,697' S 51° 33,410' W
Shestese	Três Lagoas - MS	20° 35,388' S 51° 48,263' W

Fonte: Próprio autor

Tabela 2. Análise granulométrica do solo das áreas comerciais da empresa Eldorado.

Propriedade	Profundidade	Areia total	Silte	Argila
	cm	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Três Meninas	0-20	737	146	117
	20-40	749	142	109
Nova Olinda	0-20	855	116	29
	20-40	830	140	30
Beira Rio	0-20	811	126	63
	20-40	773	106	121
Shestese	0-20	772	108	120
	20-40	792	120	88
Barraca	0-20	778	90	132
	20-40	713	155	132

Fonte: Próprio autor

Tabela 3. Análise química inicial do solo das áreas comerciais da empresa Eldorado Brasil.

Propriedade	Prof.	M.O.	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	P	S	B	C	Zn	V	m
	cm	g dm ⁻³		mmolc dm ⁻³							mg dm ⁻³					%	%
Três Meni- nas	0-20	9	4	0,5	2	2	8	18	4,6	22,6	3	8	0,17	0,5	0,1	20	63,5
	20-40	7	4	0,3	3	2	6	14	5,4	19,4	0,2	6	0,13	0,5	0,1	28	52,6
Nova Olinda	0-20	5	4,3	0,9	3	3	4	13	7,1	20,1	3,5	8	0,12	0,6	0,1	35	36
	20-40	5	4,2	0,6	2	3	7	13	5,7	18,7	3	7	0,11	0,4	0,1	30	55,1
Beira Rio	0-20	6	4	0,2	3	1	8	16	4,3	20,3	0,1	7	0,17	0,5	0,2	21	65
	20-40	5	4,1	0,1	3	1	7	13	4,3	17,3	0,2	8	0,06	0,6	0,1	25	62
Shestese	0-20	8	4,2	0,3	3	3	8	13	6,4	19,4	0,6	8	0,1	0,2	0,2	33	55,6
	20-40	5	4	0,2	3	2	8	13	5,3	18,3	0,2	8	0,19	0,4	0,3	29	60,2
Barraca	0-20	9	3,9	0,7	3	1	10	16	4,8	20,8	0,3	8	0,27	0,3	0,1	23	67,6
	20-40	9	4	0,5	3	2	10	14	5,6	19,6	0,1	8	0,25	0,6	0,1	29	64,1

Prof. = profundidade. M.O. = matéria orgânica do solo. SB = soma de bases. CTC = capacidade de troca catiônica. V = saturação por bases.
m = saturação por alumínio.

Fonte: Próprio autor

5.2. Instalação das parcelas e tratamentos

Um total de 50 árvores, com o material genético I144 (híbrido comercial de *Eucalyptus urophylla*) constituíram o experimento instalado nas fazendas gerenciadas pela Eldorado Brasil Celulose, sendo conduzidas no período entre março de 2012 a dezembro de 2018 (Tabela 1).

Os locais de estudo estão inseridos na região da Costa Leste do Mato Grosso do Sul, com vegetação pertencente ao bioma Cerrado, com classificação climática, de acordo com Köppen, é Aw, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

Para possibilitar o isolamento da variável adubação durante o ciclo completo do povoamento, instalou-se um par de parcelas localizadas próximas uma da outra, para que assim assegurar o estado de homogeneidade espacial e do manejo silvicultural entre elas, uma dessas parcelas recebeu a adubação operacional e a outra a adubação suplementar. Essa disposição das parcelas lado a lado recebeu o nome de “parcelas gêmeas”, uma vez que possuem condições de igualdade inicial, diferindo-se apenas pelo tratamento testado (SILVA, 2011).

Cada parcela é composta por 50 árvores com uma área de 400 m². Utilizaram-se dois tratamentos, sendo o primeiro a adubação operacional realizada pela empresa e o segundo a adubação suplementar (Tabela 4). A adubação suplementar diferiu da operacional pela aplicação de uma adubação adicional aos 24 meses, com a dose determinada por um benchmarking entre institutos de pesquisas e empresas do setor, sendo aplicada no tratamento suplementar o dobro da dose do tratamento operacional. A aplicação foi efetuada manualmente ao redor das plantas. Em todas as parcelas realizou-se o manejo silvicultural de maneira a garantir que não ocorresse influência de matocompetição, pragas, doenças ou outros fatores que pudessem comprometer o desenvolvimento das árvores.

Tabela 4. Insumos, doses e épocas de aplicação dos tratamentos.

Adubação	Insumo	Dose (kg ha ⁻¹)	Época de aplicação	Nutrientes (kg ha ⁻¹)								
				CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B	Cu	Zn
Operacional	05-23- 06+5%S+0,3%B+0,6%Cu+0,6%Zn	308	Plantio	0,0	0,0	15,4	70,8	18,5	15,4	0,9	1,8	1,8
	Calcário (PRNT 85%, 20% CaO e 12% MgO)	1500	6 meses	300,0	180,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	11-00-22+12%S+0,8%B	208	3 meses	0,0	0,0	22,9	0,0	45,8	25,0	1,7	0,0	0,0
	06-00-38+5%S+0,8%B	200	9 meses	0,0	0,0	12,0	0,0	76,0	10,0	1,6	0,0	0,0
	Total			300,0	180,0	50,3	70,8	140,2	50,4	4,2	1,8	1,8
Adicional	05-23- 06+5%S+0,3%B+0,6%Cu+0,6%Zn	304	24 meses	0,0	0,0	15,2	69,9	18,2	15,2	0,9	1,8	1,8
	Calcário (PRNT 85%, 20% CaO e 12% MgO)	2000		400,0	240,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	06-00-38+5%S+0,8%B	550		0,0	0,0	33,0	0,0	209,0	27,5	4,4	0,0	0,0
	Total			400,0	240,0	48,2	69,9	227,2	42,7	5,3	1,8	1,8
Suplementar (Operacional + Adicional)				700,0	420,0	98,5	140,8	367,5	93,1	9,5	3,7	3,7

Fonte: Próprio autor

5.3. Avaliações: volume, partição de biomassa e nutrientes

Para a avaliação do volume de madeira foi realizado o inventário florestal aos 2,1; 4,0 e 6,2 anos. Para o cálculo do volume foram realizadas medições do diâmetro à altura do peito (DAP) e altura total das cinquenta plantas constituintes da parcela. A medição do DAP foi realizada a 1,30 m de altura da planta utilizando uma fita métrica e as alturas foram medidas utilizando-se um clinômetro. O volume total de madeira com cascas foi estimado pelas seguintes equações (CAMPOS, LEITE, 2002):

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (1)$$

$$V_{tc} = \frac{\sum V_i}{A_i \cdot 10000} \quad (2)$$

$$\frac{V_i = (\pi \cdot (DAP_i)^2 \cdot FF \cdot H_i)}{4} \quad (3)$$

sendo: V_i = volume de madeira com casca da planta (m^3);

A_i = área da parcela útil (m^2);

V_{tc} = volume total de madeira com casca ($m^3 \text{ ha}^{-1}$);

DAP_i = diâmetro à altura do peito de cada planta (m);

FF = fator de forma; e,

H_i = altura total de cada planta (m).

Ao final do ciclo produtivo, após as avaliações de volume, foram quantificados a biomassa de matéria seca dos diferentes componentes da planta. Seleccionados os 5 locais de maneira a representar a área de estudo, abateram-se três árvores médias por tratamento, considerando cada árvore como uma repetição. Assim, foram avaliados cinco blocos (fazendas), dois tratamentos (adubação operacional e suplementar) e três repetições (árvores), totalizando-se assim 30 parcelas experimentais. Após o abate, ocorreu a separação manual dos compartimentos das plantas em galhos verde e seco, folha, lenho e casca. Para quantificação do lenho, em específico, retirou-se discos na base, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial, que é representada por 5 cm de diâmetro (SANTANA et al., 2008). Para pesagem destas amostras utilizou-se balança com precisão de 0,100 kg e capacidade máxima de 150 kg.

As amostragens dos compartimentos foram feitas em duplicata, sendo uma para análise de umidade e outra para teores de nutrientes. As amostras foram pesadas em uma balança analítica com precisão de 0,001 kg, em seguida foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufas de circulação forçada de ar, mantida à 65 °C até peso constante. Posteriormente, estas foram trituradas e homogeneizadas para realização das análises químicas para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997).

5.4. Delineamento experimental e análises estatísticas

As análises estatísticas foram feitas considerando o delineamento em blocos ao acaso, para que fosse possível isolar o efeito dos tratamentos em relação à variação dos locais. Foi utilizado testes estatísticos não paramétricos após ser realizado o teste da normalidade das variáveis quantitativas de desfecho principal através do teste de Shapiro Wilks ($N < 30$), concluiu-se que não existe distribuição de normalidade assegurada sendo aplicado o teste de Wilcoxon (similar ao T-Student Pareado, mas para a condição de dados não paramétricos, tal teste não faz a comparação dos grupos pela média e sim pela posição dos dados.). Nesta análise estatística foram utilizados os softwares: SPSS V20, Minitab 16 e Excel Office 2010.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Volume total de madeira com casca

Para a variável produção, não houve diferença estatística entre Operacional e Suplementar nos anos analisados. Nota-se que o volume de produção é maior em Suplementar, em especial nos dois últimos anos, mas não é estatisticamente significativo (Tabela 5). A diferença entre o efeito dos tratamentos foi de 3,75 m³ ha⁻¹ aos 4 anos de idade, um aumento de 2,23% e 11,67 m³ ha⁻¹ aos 6,2 anos, aumento de 4,76% (Figura 1). O que demonstra a importância de uma adubação adequada principalmente nos anos iniciais.

Tabela 5. Valores médios da produção dos povoamentos com 2,1; 4,0 e 6,2 anos, em função dos tratamentos.

Tratamentos	Volume total com casca (m ³ ha ⁻¹)		
	2,1 anos	4 anos	6,2 anos
Adubação operacional	60,03	168,27	244,98
Adubação suplementar	60,02	172,02	256,65
Média geral	60,02	170,14	250,80
<i>p</i> -valor	0,68	0,50	0,50

Fonte: Próprio autor

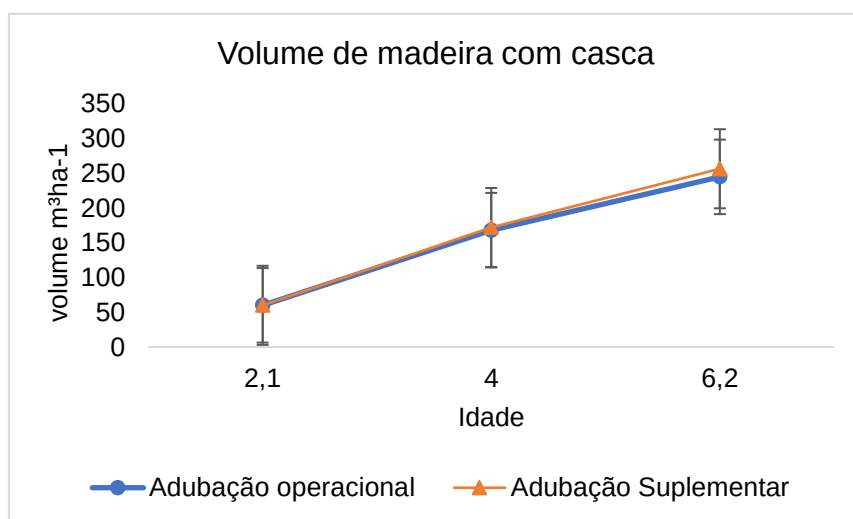


Figura 1. Comparação da produção (volume de madeira com casca) estimado em m³ ha⁻¹ entre áreas com adubação operacional e suplementar até os seis anos de idade.

Fonte: Próprio autor

O aumento do volume também foi encontrado por Silva et al. (2012), cujo estudo com clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em um solo classificado como LATOSSOLO AMARELO distrófico psamítico, comparou a dose que uma empresa A emprega do tratamento T1 (adubação operacional), com o tratamento T2, mesma dose acrescida 1 kg de composto Y organo-mineral por cova (adubação suplementar) em eucalipto. A estimativa do volume de madeira nas idades de 2,5 e 7 anos, resultou em diferenças significativas entre os tratamentos, com incremento no tratamento T2 (adubação suplementar). O tratamento T1 produziu 91,28 e 255,6 m³ ha⁻¹, nas respectivas idades e T2 produziu 117,14 e 329,0 m³ ha⁻¹. A diferença aos 7 anos de idade foi de 25,86 e 72,4 m³ ha⁻¹.

Assim, nota-se a importância de mais estudos para encontrar o melhor manejo nutricional, visto que pelos resultados apresentados anteriormente, existe a possibilidade de doses mais adequadas das aplicadas atualmente, ainda que as empresas já utilizem doses acima da recomendação, pela maior exigência nutricional advindas do melhoramento genético e a necessidade de considerar a região do cultivo, condições edafoclimáticas e viabilidade econômica para aumentar a produção. Essa importância é confirmada em estudos como o de Gazola (2017), com adubação fosfatada, potássica e nitrogenada, onde foi usado o mesmo clone do presente estudo, I144 (*Eucalyptus urophylla*) e solo semelhante, Cerrado com baixa fertilidade. O estudo com eucalipto nas idades de 3; 4; 5 e 5,5 anos com adubação nitrogenada, mostrou que o aumento de doses de N acarretou aumento linear de produtividade do eucalipto, até a máxima produtividade, com a dose de 140 kg ha⁻¹, abaixo as respectivas equações:

$$3 \hat{Y} = 97,87 + 0,1803 \cdot X \quad (R^2 = 0,86) \quad (4)$$

$$4 \hat{Y} = 130,30 + 0,2816 \cdot X \quad (R^2 = 0,90) \quad (5)$$

$$5 \hat{Y} = 160,71 + 0,3745 \cdot X \quad (R^2 = 0,95) \quad (6)$$

$$5,5 \hat{Y} = 175,11 + 0,4319 \cdot X \quad (R^2 = 0,93) \quad (7)$$

Um aumento de 25,8 % (3 anos); 30,3% (4 anos); 32,6% (5 anos) e 34,5% (5,5 anos) comparando a maior dose em relação ao controle (dose de 0 kg ha⁻¹ N).

Observa-se então a dose de 140 kg ha⁻¹ de N resultou na maior produtividade, quase o triplo da aplicada no presente estudo, que é de aproximadamente 50 kg ha⁻¹ de N.

6.2 Biomassa acima do solo

Na biomassa entre os diferentes compartimentos, a diferença foi significativa para casca pelo teste de Wilcoxon, a 5% de probabilidade, com média de 10,46 t ha⁻¹ para o tratamento operacional e 15,54 t ha⁻¹ em Suplementar (*p*-valor = 0,013) e não significativa para os demais compartimentos (Tabela 6). O tratamento suplementar teve um incremento de 5,08 t ha⁻¹ de casca. Apesar de não significativo, o lenho obteve um acréscimo de 11,7 t ha⁻¹ com o tratamento suplementar.

Tabela 6. Produção biomassa nos compartimentos lenho s/ casca, casca, folha e galhos em t ha⁻¹

Compartimento	Tratamento	Média	Mediana	Desvio Padrão	N	IC	<i>p</i> -valor
Lenho s/ casca	Operacional	98,5	104,9	25,87	15	13,09	0,334
	Suplementar	110,2	115,5	28,55	15	14,45	
Casca	Operacional	10,46	10,55	3,93	15	1,99	0,013
	Suplementar	15,54	15,75	7,68	15	3,89	
Folha	Operacional	3,27	3,23	1,55	15	0,78	0,378
	Suplementar	3,06	2,46	2,20	15	1,11	
Galho Verde	Operacional	6,59	5,45	3,25	15	1,64	0,733
	Suplementar	6,04	5,03	4,99	15	2,52	
Galho Seco	Operacional	2,32	1,94	1,22	15	0,62	0,477
	Suplementar	2,35	1,32	1,77	15	0,90	

Fonte: Próprio autor

p-valores: considerados estatisticamente significativos perante o nível de significância adotado.

p-valores: que por estarem próximos do limite de aceitação, são considerados que tendem a ser significativos (até 5 pontos percentuais acima do valor do alfa adotado).

Guimarães (2014), que estudou a biomassa e nutrientes no Bioma Pampa com *E. urograndis*, *E. grandis* e *E. dunni* de 4,5 anos de idade, em um solo classificado como ARGISSOLO VERMELHO distrófico típico encontrou valores, próximos dos encontrados neste trabalho, com a sequência decrescente de biomassa t ha⁻¹ lenho>galho>casca>folha e neste trabalho, lenho> casca>galho>folha.

A biomassa total (somatória dos compartimentos) resultou em 121,14 t ha⁻¹ com adubação operacional, e 137,19 t ha⁻¹ com adubação suplementar, uma diferença de 16,05 t ha⁻¹. O valor total foi maior que o encontrado por Verão (2016) de 68,13 t ha⁻¹

e por Beulch (2013) de 88,81 t ha⁻¹ e menor que o encontrado por Calil, Witschoreck & Schumacher (2011) que foi de 192,67 t ha⁻¹. E mostra uma tendência decrescente, representada por lenho (80–81%) > casca (9–11%) > galhos (6–7%) > folhas (2–3%). Sequência semelhante à encontrada por Salvador (2016), lenho (84%) > casca (11,9%) > galhos (2,24%) > folhas (1,28%) com *Eucalyptus saligna* aos 6,7 anos de idade em um latossolo com textura argilosa e por Beulch (2013), avaliando *Eucalyptus saligna* em solo de baixa fertilidade, classificado como LATOSSOLO VERMELHO. Essa tendência na distribuição de biomassa entre os diferentes compartimentos, ocorre ao longo do desenvolvimento da floresta, a biomassa da copa de forma gradual diminui e aumenta no lenho e casca, podendo variar devido à forte influência genética, idade do povoamento, condições edafoclimáticas, época do ano e cobertura vegetal (SAIDELLES et al., 2010). E a ausência de diferença dos tratamentos na maior parte dos compartimentos, pode ser explicado pelo fato de que a adubação operacional fornece nutrientes suficiente para alocação de biomassa entre os diferentes compartimentos.

6.3. Nutrientes nos compartimentos

Para o compartimento lenho, não houve significância estatística para os teores de nutrientes, exceto para Mn (*p*-valor 0,036) (Tabela 7), onde a média do teor do nutriente diminuiu de 38,9 mg kg⁻¹ (Operacional) para 28,9 mg kg⁻¹ (Suplementar) (*p*-valor = 0,036).

No lenho, foi encontrado a sequência em ordem decrescente dos macronutrientes, S>K>N>Mg>P, assim o S e K são os nutrientes mais exportados com a colheita apenas do lenho.

Tabela 7. Teores de nutrientes no compartimento **lenho** da biomassa da cultura do Eucalipto sob efeito de duas adubações aos 6,2 anos de idade

Tratamen- tos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
Adubação operacional	1,08	0,11	1,49	0,92	0,17	1,94	8,81	1,94	60,90	38,90	23,06
Adubação suplementar	1,04	0,08	1,54	1,02	0,17	1,67	7,08	2,33	61,40	28,9	23,17
Média geral	1,06	0,09	1,51	0,97	0,17	1,80	7,94	2,13	61,15	33,9	23,11
p -valor	1,11	0,11	1,52	1,06	0,17	1,87	7,93	2,01	0,64	0,036	0,87

Fonte: Próprio autor

p-valores: considerados estatisticamente significativos perante o nível de significância adotado.

p-valores: que por estarem próximos do limite de aceitação, são considerados que tendem a ser significativos (até 5 pontos percentuais acima do valor do alfa adotado).

Sequência diferente foi encontrado por Gazola et al. (2018), K>N>Ca>Mg>S>P, com *Eucalyptus urophylla*, 5,5 anos, tratado com adubação nitrogenada em um solo classificado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO órtico. Para os micronutrientes, a sequência foi Fe>Mn>Zn>B>Cu, tendência semelhante encontrada por Guimarães (2014), sendo notado em ordem a seguinte ordem Mn>Fe>Zn>B>Cu.

Os menores teores de nutrientes foram encontrados no lenho, exceto zinco, cujos valores foram semelhantes aos encontrados nas folhas e galho verde. Isso é explicado pelo avanço da idade, ocorrendo o transporte de nutrientes dos tecidos senescentes para os de maior atividade metabólica, como as folhas (KOZLOWSKI, ALLARDY 2008).

Na casca, foi significativo para P, que diminuiu 0,11 g kg⁻¹ e Mn que aumentou 59,8 mg kg⁻¹ ambos com a adubação suplementar (Tabela 9). A sequência decrescente dos teores de macronutrientes para ambos os tratamentos foi Ca>K>N>Mg>S>P e dos micronutrientes, Mn>Fe>Zn>B>Cu. Dentre os compartimentos, na casca foi encontrada o maior valor de Ca, devido a sua baixa mobilidade na planta.

Tabela 8. Teores de nutrientes no compartimento **casca** da biomassa da cultura do Eucalipto sob efeito de duas adubações aos 6,2 anos de idade.

Tratamen- tos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
Adubação operacional	3,75	0,47	6,03	11,11	2,53	1,41	9,10	3,75	78,10	457,70	11,85
Adubação suplementar	3,60	0,58	6,33	9,49	2,65	1,59	9,33	3,67	72,80	517,50	12,98
Média geral	3,67	0,52	6,18	10,30	2,59	1,50	9,21	3,71	75,45	487,60	12,41
p -valor	0,66	0,01	0,36	0,13	0,47	0,21	1,00	0,68	0,83	0,076	0,13

Fonte: Próprio autor

Fonte: Próprio autor

p-valores: considerados estatisticamente significativos perante o nível de significância adotado.

p-valores: que por estarem próximos do limite de aceitação, são considerados que tendem a ser significativos (até 5 pontos percentuais acima do valor do alfa adotado).

De acordo com Silva (2013), que comparou clones híbridos *Eucalyptus urophylla*, com 7 anos de idade, em um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO com textura franco-arenosa, a colheita do lenho, deixando a casca na área, evitaria a exportação de 94% de Ca, 83% de Mg e 53% de K se comparado a colheita do tronco (casca + lenho).

Na folha houve diferença significativa apenas para o B (Tabela 9). A sequência decrescente dos teores de macronutrientes encontrada para ambos os tratamentos foi N > K > Ca > Mg > S > P e micronutrientes, Mn>Fe>B > Zn > Cu.

Tabela 9. Teores de nutrientes no compartimento **folha** da biomassa da cultura do Eucalipto sob efeito de duas adubações aos 6,2 anos de idade.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
Adubação operacional	15,96	0,79	9,25	6,28	3,88	2,55	34,07	5,81	112,80	696,7	20,05
Adubação suplementar	16,55	0,84	9,88	6,42	3,76	2,12	38,74	5,81	119,40	665,3	20,05
Média geral	16,25	0,81	9,56	6,35	3,82	2,33	36,40	5,81	116,1	681,00	20,05
p -valor	0,616	0,191	0,170	0,586	0,231	0,117	0,053	0,981	0,635	0,528	0,913

Fonte: Próprio autor

p-valores: considerados estatisticamente significativos perante o nível de significância adotado.

p-valores: que por estarem próximos do limite de aceitação, são considerados que tendem a ser significativos (até 5 pontos percentuais acima do valor do alfa adotado).

No estudo, observou-se que os teores de macronutrientes na folha do eucalipto variaram de (g kg⁻¹): N = (15–17); P = (0,7–0,9); K = (9–10); Ca = (6,0–7,0); Mg = (3,0–4,0) e S = (2,0–3,0) (Tabela 9). Conforme Malavolta et al. (1997), os teores adequados de macronutrientes variam de (g kg⁻¹): N = (14–16); P = (1,0–1,2); K = (10–12); Ca = (8,0–12,0) e Mg = (4,0–5,0) e S = (1,5–2,0). Assim, o N e S estão adequados, o P está com teores abaixo em relação à interpretação, fato esse atrelado à fixação de fósforo em solos arenosos e de baixa capacidade de troca catiônica; K, Ca e Mg abaixo do limite, mas bem próximos da faixa adequada. Já os teores de micronutrientes variaram de (mg kg⁻¹): B = (34–39), Cu = (5–6), Fe = (112–120), Mn = (665–697) e Zn = (20–21) (Tabela 9), sendo a faixa adequada (mg kg⁻¹): B = (40–50); Cu = (8–10) Fe = (150–200), Mn = (100–600) e Zn = (40–60) (Malavolta et al., 1997). Com isso, apenas Mn está adequado e acima do recomendado. Boro e Fe estão abaixo do adequado, mas a adubação suplementar aumentou em 4,67 mg kg⁻¹ e 6,6 mg kg⁻¹ respectivamente. Cu e Zn não sofreram alteração e estão abaixo do adequado. Lembrando que cada autor tem sua recomendação adequada, podendo essa faixa de valores sofrer alteração.

Apesar de apresentar uma das menores biomassas, os maiores teores de nutrientes foram encontrados nas folhas, com destaque para a concentração de nitrogênio. Segundo Viera (2013), maiores teores de nutrientes nas folhas ocorrem devido às folhas serem a parte mais ativa da planta, onde ocorre importantes processos metabólicos como a fotossíntese e a transpiração e menores teores no lenho, o que foi

encontrando em seu trabalho com *Eucalyptus urophylla* x *E. globulus*, aos 10 anos de idade.

Para galho verde, foi significativo para N, P, S e Zn, onde apenas S diminuiu com a adubação suplementar. A sequência decrescente dos teores de macronutrientes no galho verde (Tabela 10) para os tratamentos foi K > N > Ca > S > Mg > P. E para micronutrientes em ambos tratamentos foi de: Mn > Fe > Zn > B > Cu.

Tabela 10. Teores de nutrientes no compartimento **galho verde** da biomassa da cultura do Eucalipto sob efeito de duas adubações aos 6,2 anos de idade.

Tratamen- tos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
Adubação operacional	5,28	0,50	6,25	3,92	1,81	2,10	9,19	6,06	69,20	392,50	19,31
Adubação suplementar	4,89	0,41	5,67	4,61	1,78	1,54	11,67	5,47	79,60	326,90	16,80
Média geral	5,08	0,45	5,96	4,26	1,79	1,82	10,43	5,76	74,40	356,70	18,05
p-valor	0,06	0,02	0,34	0,45	0,81	0,09	0,13	0,16	1,00	0,13	0,06

Fonte: Próprio autor

p-valores: considerados estatisticamente significativos perante o nível de significância adotado.

p-valores: que por estarem próximos do limite de aceitação, são considerados que tendem a ser significativos (até 5 pontos percentuais acima do valor do alfa adotado).

No compartimento galho seco houve diferença estatística para N, P e Ca, conforme a Tabela 12, em que somente N aumentou com adubação suplementar. A sequência decrescente de macronutrientes encontrada para tratamento operacional foi Ca > N > S > K > Mg > P, para o suplementar Ca > N > S > Mg > K > P. Já para os micronutrientes em ambos os tratamentos, Mn > Fe > Zn > Cu > B. Nos galhos secos verificou-se altos teores de nutrientes quando comparado com a baixa produção de biomassa.

Tabela 11. Teores de nutrientes no compartimento **galho seco** da biomassa da cultura do Eucalipto sob efeito de duas adubações aos 6,2 anos de idade.

Tratamen- tos	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹					
Adubação operacional	3,66	0,10	1,05	4,72	0,92	1,39	6,36	4,14	110,00	238,70	14,17
Adubação suplementar	2,44	0,08	0,94	5,38	0,98	1,37	6,51	4,39	110,40	231,04	15,21
Média geral	3,05	0,09	0,99	5,05	0,95	1,38	6,43	4,26	110,20	234,87	14,69
p-valor	0,007	0,04	0,41	0,08	0,47	0,70	0,89	0,15	0,72	0,27	0,55

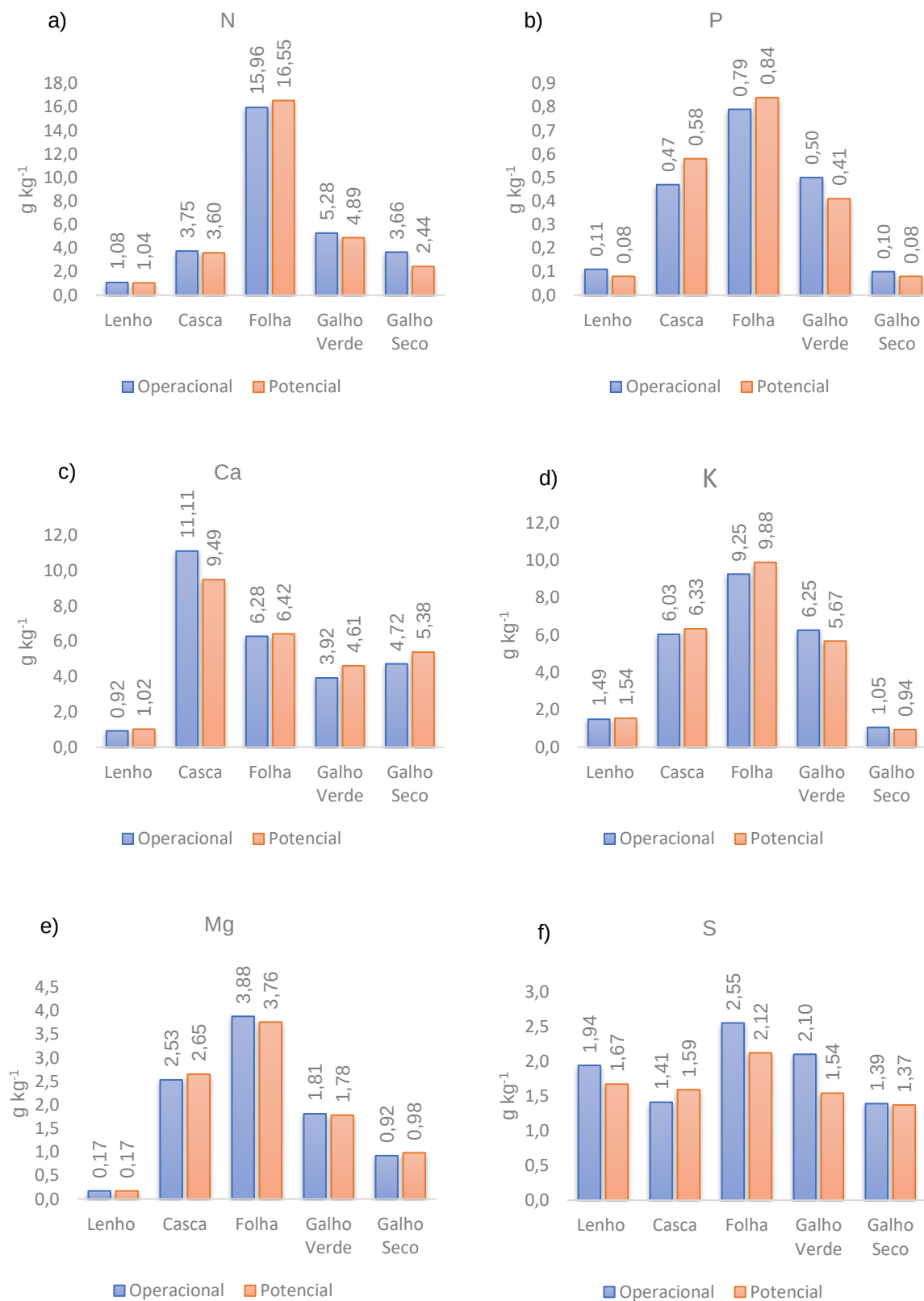
Fonte: Próprio autor

p-valores: considerados estatisticamente significativos perante o nível de significância adotado.

p-valores: que por estarem próximos do limite de aceitação, são considerados que tendem a ser significativos (até 5 pontos percentuais acima do valor do alfa adotado).

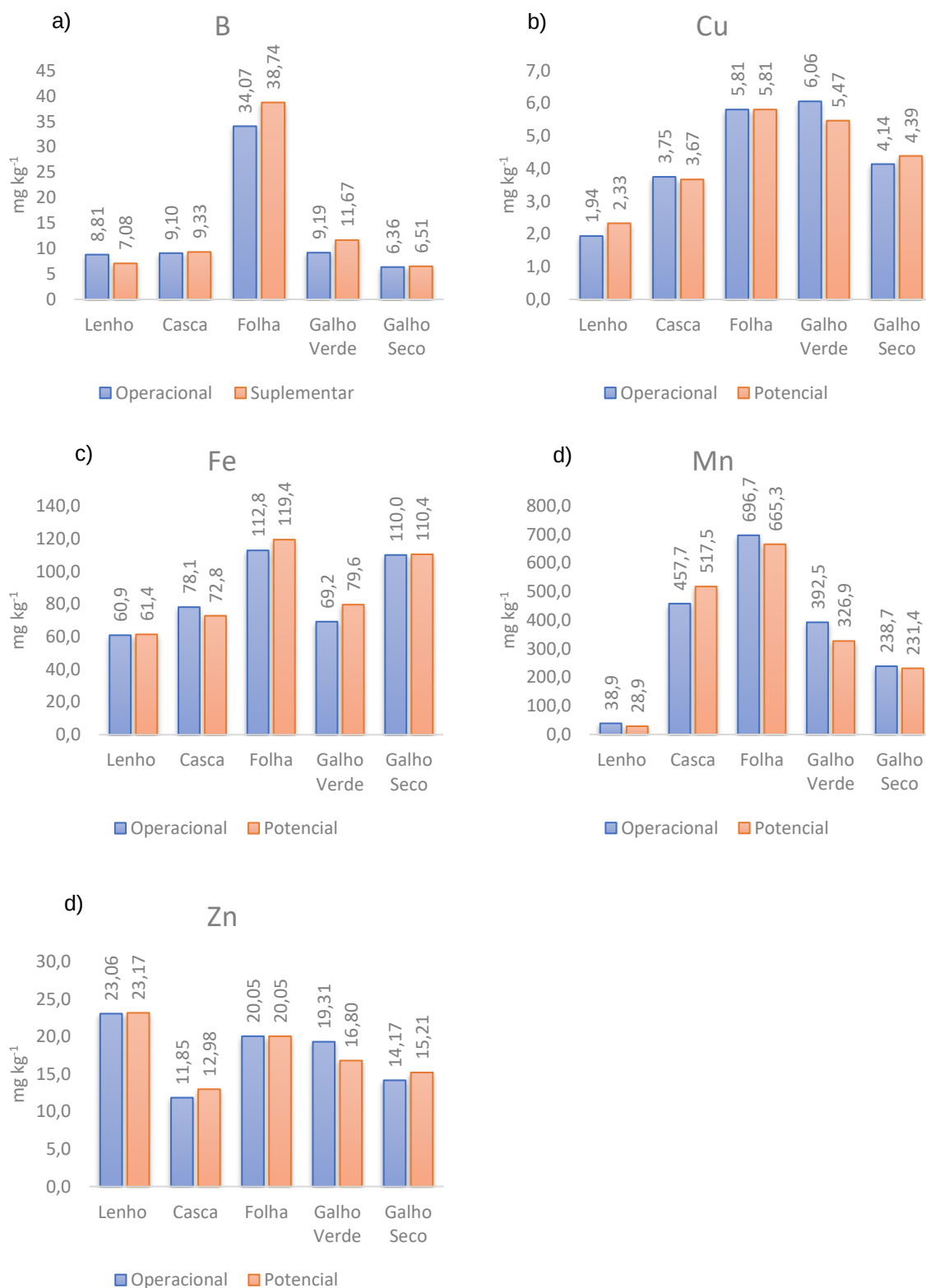
Nas figuras 1 e 2, é mostrado as diferenças dos teores de macro e micronutrientes, discutidas anteriormente, dos tratamentos adubação operacional e adubação suplementar nos compartimentos do eucalipto

Figura 2. Teores macronutrientes Nitrogênio, Fósforo, Cálcio, Potássio, Magnésio e Enxofre (N, P, K, Ca, K, Mg e S) no lenho, casca, folha, galho verde e galho seco em resposta à adubação operacional e suplementar (Continua)



Fonte: Próprio autor

Figura 3. Teores de micronutrientes Boro, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco (B, Cu, Fe, Mn e Zn) no lenho, casca, folha, galho verde e galho seco em resposta à adubação operacional e suplementar



Fonte: Próprio autor

7. CONCLUSÃO

A adubação suplementar promoveu incremento na variável produção (volume de madeira com casca), sendo observado o valor máximo de 256,64 m³ ha⁻¹ aos 6,2 anos, com aumento de 4,76% em relação à adubação operacional.

A biomassa da casca foi influenciada positivamente pelo tratamento adubação suplementar. Lenho, folha, galho verde e galho seco, não foram afetados. O tratamento com adubação suplementar proporcionou de biomassa total 137,19 t ha⁻¹ e a adubação operacional 121,14 t ha⁻¹, ocorrendo tendência de aumento da biomassa ao utilizar adubação suplementar.

Os valores obtidos dos conteúdos nutricionais para os compartimentos das árvores foram influenciados pelos tratamentos, no lenho foi estatisticamente significativo o nutriente Mn, na casca P e Mn, na folha o B, galho verde, o N, P, S e Zn, e no galho seco, N, P e Ca. Os compartimentos apresentaram a totalidade nutricional em ordem decrescente em folhas > casca > galhos > lenho.

8. REFERÊNCIAS

BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. Fertilidade de Solos, Nutrientes e Produção Florestal. **Revista Visão Agrícola**. n. 4, p.76–79, 2005.

BASTOS, L. A; FERREIRA, I. M. Composições Fitofisionômicas do Bioma Cerrado: Estudo sobre o subsistema de Vereda. **Espaço em Revista**, UFG-CAC, v.12, n. 1, pag. 97-108, 2010.

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

CABRERA-BOSQUET, L et al. Photosynthetic capacity of field-grown durum wheat under different N availabilities: A comparative study from leaf to canopy. **Environmental and Experimental Botany**, v. 67, n. 1, p. 145-152, 2009.

CALIL, F.N., WITSCHORECK, R., SCHUMACHER, M. V. Biomassa em Povoamentos de *Eucalyptus spp.* de Pequenas Propriedades Rurais em Vera Cruz, RS. **Ciência Florestal**, v. 2ª n. 1, p.17–22. 2011. <https://doi.org/10.5902/198050982743>

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. Mensuração florestal: perguntas e respostas. Viçosa, MG: Editora UFV, 407p, 2002.

CARMO, D.L., NANNETTI, D.C., LACERDA, T.M., NANNETTI, A.N., & ESPÍRITO SANTO, D.J., 2012. Micronutrientes em solo e folha de cafeeiro sob sistema agroflorestal no Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, vol. 7, no. 1, pp. 76-83, 2012.

CUNHA, C. R da. Avaliação de impactos imediatos da retirada de eucalipto em sub-bosque avançado, na APTA – Pólo Regional Alta Mogiana, município de Colina/SP. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.

DALCOMUNI, S. M. A implantação da Aracruz Celulose no ES – principais interesses em jogo. Dissertação (Mestrado em) Programa de Pós-Graduação em Economia. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

DOURADO, C.D. Avaliação de uma fazenda florestal com produção de eucalipto e reserva legal manejada no cerrado Sul-Mato-Grossense: indicadores para a busca da sustentabilidade. 142 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Florestas. Perguntas e Respostas. Transferência de Tecnologia Florestal. 2019a. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto/perguntas-e-respostas>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Latossolos. 2019b. Disponível em:

<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_96_10112005101956.html> Acesso em: 20 de outubro de 2019.

ESTRABIS, N. V.; MARCATO JUNIOR, J.; PISTORI, H. Mapeamento da Vegetação Nativa do Cerrado na Região de Três Lagoas-MS com o Google Earth Engine. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 71, n. 3, p. 702-725, 2019.

FLORES, C.A.; ALBA, J.M.F.; WREGE, M.S. Zoneamento Agroclimático do eucalipto para o estado do Rio Grande do Sul e edafoclimático na região do Corede Sul - RS. **Embrapa Clima Temperado, Pelotas – RS**, 2009, p.87.

FOELKEL, C. E. B. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo. **Revista Visão Agrícola**, v. 3, p. 66-69, 2005.

GAZOLA, R. N. Adubação nitrogenada, fosfatada e potássica na cultura do eucalipto (Clone I144 - *E. Urograndis*). 2017. 92 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/111096>>. Acesso em: 27 de outubro de 2019.

GAZOLA, R. N. et al. Acúmulo de nutrientes na cultura do eucalipto em função da adubação nitrogenada. *In* III EPCiS - Encontro Paulista de Ciência do Solo, 2018, Ilha Solteira. Resumo

GOMES, M. V. et al. Produção de serrapilheira e teor de magnésio no solo de um sistema silvipastoril sob diferentes espaçamentos de eucalipto. *In*: Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão/UFGD, 2011, Dourados. Resumos expandidos e trabalhos completos, Editora UFGD, CDRom, 2011. p. 1-5.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para eucalyptus, pinus e espécies típicas da mata atlântica. 1995. Piracicaba: Departamento de Ciências Florestais. ESALQ/USP. Disponível em: <http://www.ipef.br/publicacoes/docflorestais/cap15.pdf>. Acesso em: 04 dez. 2022.

GONTIJO NETO, M. M. et al. Introdução de renques de eucalipto em pastagem: aspectos operacionais e financeiros. Sete Lagoas, Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 24 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica 278)

GUIMARÃES, C. C. Biomassa e Nutrientes em Plantios de Eucaliptos no Bioma Pampa. 2014. 63 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais e Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

GUIMARÃES, C. C. Ecoeficiência e sustentabilidade nutricional em povoamentos de eucaliptos no Bioma Pampa. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

HODECKER, B.E.R. et al. Boron delays dehydration and stimulates root growth in *Eucalyptus urophylla* (Blake, S.T.) under osmotic stress. **Plant and Soil** (Print), v. 384, p. 185-199, 2014.

IBM Corp. Lançado em 2011. IBM SPSS Statistics para Windows, Versão 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório IBÁ 2019**. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (2019) **PEVS 2018: Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2018**. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2018_v33_informativo.pdf>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.

KERING, M. K. et al. Biomass yield and nutrient responses of switchgrass to phosphorus application. **Bioenergy Research**, v. 5, n. 1, p. 71-78, 2012.

KIRKBY, E.A.; RÖMHELD, V., 2007. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. Encarte Técnico, **Informações agronômicas**, nº 118, 2007 Disponível em: [http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8A79657EA91F52F483257AA10060FACB/\\$FILE/Encarte-118.pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/0/8A79657EA91F52F483257AA10060FACB/$FILE/Encarte-118.pdf).

KOZLOWSKI, T.T.; PALLARDY, S. Physiology of woody plants. Academic Press, San Diego, ed. 3, 2008. 464p.

LOPES, C. R. Expansão da silvicultura de eucalipto no bioma cerrado: uma análise sob a perspectiva dos fatores físicos e socioeconômicos. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARTINS, E.R. et al. Plantas medicinais. 2. ed. Viçosa: **UFV- Imprensa Universitária**, 1998. 220 p

MASSULO, L. S. Crescimento, nutrição e fitossanidade de povoamentos de eucalipto fertilizados com boro, cobre e zinco na presença e ausência de resíduos florestais. 2018. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2018. 96p.

MAZETTE, S.S. Uso de biocarvão como substrato para produção de mudas de eucalipto. 2017. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Sinop, 2017.

MEDEIROS, P.L. Produção, alocação de biomassa e aspectos nutricionais de um clone de eucalipto em função da densidade de plantio, na região litorânea do RN. 2018. 46f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

Microsoft Excel Office. Versão 10 [S. l.]: Microsoft Corporation, 1987.

PEREIRA, D.P. Variabilidade espacial e temporal de atributos químicos do solo em povoamento de eucalipto. 2014. 106f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2014.

RAIJ, B. Van. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, ed. 1, 2001. 285 p.

ROCHA, J.H.T. Manejo de resíduos florestais e deficiência nutricional em duas rotações de cultivo de eucalipto. 2017. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

SAIDELLES, F. L. F. et al. Determinação do Ponto de Amostragem para a Quantificação de Macronutrientes em *Acacia mearnsii* De Wild. Floresta, Curitiba, v. 40, n. 1, p. 49-62, 2010.

SALVADOR, S. M. et al. Biomassa e estoque de nutrientes em plantios clonais de *Eucalyptus saligna* Smith. Em diferentes idades. Scientia Forestalis, vol. 44, n. 110, p.311-321, 2016.

SANTANA, R. C. et al. Estimativa de biomassa de plantios de eucalipto no Brasil. **Árvore**, v. 32, p.697-706, 2008.

SANTOS, A. F. dos. et al. Transferência de Tecnologia Florestal: Cultivo de Eucalipto em Propriedades Rurais: Diversificação da Produção e Renda. Embrapa Florestas. 1 ed. Colombo, PR: Embrapa, 2014. 140 p.

SANTOS, H. G. et al. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5 ed. Brasília: Embrapa, 2018. 187p.

SILVA, H. A. S.D. Adubação mineral de plantio em clones de *Eucalyptus urograndis* na região de Três Lagoas-MS. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2017.

SILVA, J.M.S. et al. Partição de biomassa em clones de *Eucalyptus* na região litorânea do Rio Grande do Norte. 9-13. In: Simpósio Brasileiro de Pós-Graduação em Ciências Florestais, 8, 2014, Recife-PE, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.12702/VIII.SimposFloresta.2014.5-557-1>>. Acesso em: 20 de maio de 2020

SILVA, M. O et al. Avaliação de Dois Tratamentos de Adubação em Plantio de Eucalipto Clonal em Solo Arenoso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 212-222, 2012

SILVA, N. F. Produtividade, demanda e eficiência nutricional de clones de eucalipto em regime de alto fuste e talhadia. 52 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2013.

SILVA, P. H. M. Impactos das doses e do parcelamento da fertilização na produtividade,

lixiviação e ciclagem de nutrientes em plantações de eucalipto. 2011. 118 f. Tese (Doutorado em Ciências/Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

SILVEIRA, R. L. V. A et al. Sintomas de deficiência de macronutrientes e de boro em clones híbridos de *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*. **Cerne**, v. 8, n. 2, p. 107-116, 2002.

SILVEIRA, R. L. V. A.; MALAVOLTA, E. Nutrição e adubação potássica em *Eucalyptus*. **Informações Agronômicas**, Piracicaba: POTAFOS, v. 91, 12 p, Piracicaba, 2000.

STAMFORD, N. P. et al. Atuação de *Acidithiobacillus* na solubilização de fosfato natural em solo de tabuleiro cultivado com jacatupé (*Pachyrhizus erosus*). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 75-83, 2004.

TAVANTI, R. F. R. et al. Eficiência da adubação boratada no desenvolvimento de mudas de eucalipto. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, 2018.

TONELLO, K. C. et al. O desenvolvimento do setor florestal brasileiro. **Revista Madeira** ed. nº112, 2008. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadama-deira_materia.php?num=1233>. Acesso em: 20 de outubro de 2019.

VERÃO, D. de S. et al. Concentração de nutrientes em *Eucalyptus urograndis* (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T Blake) com sete anos de idade na borda sul da Amazônia. **Biodiversidade**, v.15, n.3, p.35-44. 2016.

VIERA, M. et al. Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus globulus*, em Eldorado do Sul-RS. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal - ENFLO**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 1 - 13, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/enflo/article/view/14733>>. Acesso em: 22 out. 2019.

VITAL, M. H. F. Impacto ambiental de florestas de eucalipto. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-276, 2007.