



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**AVALIAÇÃO DENDROMÉTRICA DE UM POVOAMENTO CLONAL DE
Eucalyptus EM SISTEMA SILVIPASTORIL**

RAFAEL ÁLEF JACOME BATISTA

Brasília
2017



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**AVALIAÇÃO DENDROMÉTRICA DE UM POVOAMENTO CLONAL DE
Eucalyptus EM SISTEMA SILVIPASTORIL**

RAFAEL ÁLEF JACOME BATISTA

Orientador: Dr. Anderson Marcos de Souza

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao departamento de Engenharia
Florestal da Universidade de Brasília, como
parte das exigências para obtenção do título
de Engenheiro Florestal.

Brasília
2017



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**AVALIAÇÃO DENDROMÉTRICA DE UM POVOAMENTO CLONAL DE
Eucalyptus EM SISTEMA SILVIPASTORIL**

Estudante: Rafael Álef Jacome Batista

Matrícula: 13/0035921

Orientador: Prof. Dr. Anderson Marcos de Souza

Menção: SS

Prof. Dr. Anderson Marcos de Souza
EFL/FT - UnB
Orientador

Prof. Dra. Alba Valéria Rezende
EFL/FT - UnB
Membro da Banca

MSc. João Araújo Neto
Agropecuária Pontal
Membro da Banca

Brasília/2017

AGRADECIMENTOS

À Deus que me proporcionou o ingresso nessa instituição, e me deu forças, paciência e persistência para conclusão dessa caminhada, mesmo em momentos turbulentos.

À meus pais, que sempre acreditaram na minha capacidade e competência, sobretudo a minha mãe, Sônia, que em muitos momentos se absteve de seus sonhos em prol dos meus.

À meus amigos que estiveram ao meu lado nessa trajetória.

À Pontal Agropecuária, que abriu suas portas e proporcionou a realização deste estudo.

À todos os professores que contribuíram para minha formação profissional, especialmente ao meu orientador, Anderson Marcos, pela ajuda e conselhos, fundamentais para meu crescimento e amadurecimento acadêmico.

À todos os amigos e colegas de trabalho com os quais pude compartilhar, apreender e vivenciar, os mais variados conhecimentos, que contribuíram para minha formação profissional e pessoal.

Meus agradecimentos a todos que direta e indiretamente contribuíram para conclusão dessa trajetória.

LISTA DE TABELAS.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	8
1. INTRODUÇÃO	11
2. JUSTIFICATIVA.....	12
3. OBJETIVO	13
3.1. Objetivo geral.....	13
3.2. Objetivos específicos	13
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
4.1 <i>Eucalyptus</i> sp.	13
4.2 Melhoramento genético	14
4.3 Sistema Silvipastoril	15
4.4 Regeneração de povoamentos	16
4.5 Regeneração por Talhadia	16
4.6 Modelos volumétricos	17
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
5.1 Local de estudo.....	18
5.2 Regeneração do povoamento	19
5.3 Sistema Silvipastoril	20
5.4 Caracterização do talhão.....	20
5.5 Delineamento	20
5.5.1 Desenvolvimento volumétrico dos indivíduos arbóreos em função da declividade.....	20
5.5.2 Incremento de brotações em função do método de condução de talhadia e elevação.....	21
5.6 Coleta de dados	22
5.6.1 Determinação de cotas altimétricas	22
5.6.2 Árvores	23

5.6.3	Brotações	24
5.7	Análise de dados.....	25
5.7.1	Cubagem rigorosa	25
5.7.2	Ajuste de modelos volumétricos	25
5.7.3	Validação das estimativas	26
5.7.4	Volume em função da elevação	26
5.7.5	Avaliação dendrométrica de brotações.....	26
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
6.1	Determinação do modelo volumétrico	27
6.1.1	Ajuste de modelos para aferição do volume total, com casca do talhão .	27
6.1.2	Ajuste de modelos volumétricos para aferição de volume, sob elevação de 811m.....	29
6.1.3	Ajuste de modelos volumétricos para aferição de volume sob elevação de 814m.....	31
6.1.4	Ajuste de modelos volumétricos para aferição de volume sob elevação de 817m.....	33
6.2	Diferenciação do desenvolvimento de clones de <i>Eucalyptus</i> em função da declividade do terreno	35
6.3	Variação das características dendrométricas de brotações em função do regime de talhadia e da declividade do terreno.....	37
7	CONCLUSÃO	39
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características do povoamento. DAP e Ht médios e seus respectivos intervalos de variação.....	20
Tabela 2- Tratamentos empregados na análise de desenvolvimento dos indivíduos arbóreos.	21
Tabela 3- Cotas e declividades das linhas de brotações analisadas.....	22
Tabela 4- Modelos volumétricos ajustados.	26
Tabela 5- Parâmetros das estimativas para modelos volumétricos ajustados.....	27
Tabela 6- Medidas de precisão dos modelos ajustados.	27
Tabela 7- Parâmetros das estimativas dos modelos volumétricos ajustados.....	29
Tabela 8- Medidas de precisão dos modelos ajustados para elevação de 811 m.	29
Tabela 9- Parâmetros da estimativa dos modelos volumétricos ajustados, para elevação de 814 m.	31
Tabela 10- Medidas de precisão dos modelos ajustados para elevação de 814 m.	31
Tabela 11- Parâmetros da estimativa da equações, ajustada para elevação de 817m....	33
Tabela 12- Medidas de precisão dos modelos ajustados para elevação de 817m.	33
Tabela 13- Teste Tukey para as diferentes elevações, em detrimento do ajuste geral. .	37
Tabela 14- Teste Tukey para diferentes cotas, em função do ajuste individual.	37
Tabela 15- Teste Tukey das variáveis, DAB e Ht para diferentes elevações, referentes a primeira amostra.	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização da área de estudo, em meio ao povoamento de Eucalyptus, Fazenda Pontal dos Angicos, município de Padre Bernardo, Goiás. Fonte: Rafael Jacome.	19
Figura 2- Árvores abatida, a altura de 10 cm do solo, a serem cubadas em seções de intervalo de 1 metro.	21
Figura 3- Disposição das linhas de plantio, intercaladas entre árvores e brotações.	22
Figura 4- Árvores de <i>E. urograndis</i> analisados. Fonte: Rafael Jacome.	23
Figura 5- Brotações de <i>E. urophylla</i> e <i>E. urograndis</i> analisadas. Fonte: Rafael Jacome.	24
Figura 6- Distribuição dos resíduos em função do volume estimado (m^3).	28
Figura 7 - Distribuição de resíduos em função do volume estimado em m^3	30
Figura 8- Representação gráfica dos resíduos em função do volume estimado, para árvores sob elevação de 814m.	32
Figura 9- Representação gráfica dos resíduos em função do volume estimado, para árvores sob elevação de 817m.	34
Figura 10- Volume, em m^3 /árvore e m^3 /ha, para cada elevação analisada, em detrimento do modelo de Spurr (log), ajustado para o talhão.	35
Figura 11- Volume, em m^3 /árvore e m^3 /ha, em função do ajuste de cada declividade, sendo 811, 814 e 817m, determinados pelos modelos de Shumacher & Hall (log), Husch e Spurr, respectivamente.	36
Figura 12- Comportamento de diâmetros a altura da base (DAB) e alturas (Ht), em função da elevação do terreno.	38

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da elevação na produtividade de um povoamento clonal de *Eucalyptus*, como seu efeito nas características dendrométricas. Os dados foram obtidos de um inventário no povoamento, sendo analisados dois clones: *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus urograndis*. O experimento foi implantado na fazenda Pontal dos Angicos, de propriedade da empresa Agropecuária Pontal Ltda., no município de Padre Bernardo, estado do Goiás. O um delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), no qual foram aleatorizadas três parcelas de 60x9m por bloco, sendo três blocos para cada clone analisado. Em cada parcela foram medidos os DAP's e alturas de todas as árvores da parcela. Após seis meses foram mensurados os DAB's e altura de todas as brotações, originárias da talhadia. Foi realizada a cubagem rigorosa segundo método destrutivo, para os clones de *Eucalyptus urograndis*, no qual foram mensuradas 36 árvores com intervalo de seção de 1 metro, sendo os volumes obtidos pela fórmula de Smalian. A partir desses dados foram ajustados 10 modelos volumétricos, sendo quatro de simples entrada e seis de dupla entrada, para cada cota altimétrica analisada (811m, 814m, 817m) e para o talhão (todas as classes conjuntamente), sendo o modelo de Spurr (log) o de melhor ajuste para o talhão, e o de Meyer, Husch e Kopezky-Gehardt, os mais adequados as cotas de 811, 814 e 817m, respectivamente. Foi realizado o Teste Tukey a fim de verificar a diferença estatística do volume nas diferentes declividades. O teste reportou diferença entre o volume das pequenas e médias elevações. Sequencialmente foram avaliados o comportamento gráfico das alturas (Ht) e dos diâmetros a altura da base (DAB's) das brotações, e comparado o efeito da declividade, por meio de Teste Tukey e análise de variância (ANOVA), que reportou em diferenças estatísticas.

PALAVRAS CHAVE: Declividade, eucalipto, silvipastoril, elevação.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of the elevation in the productivity of a clonal settlement of Eucalyptus, as its effect on dendrometric characteristics. The data were obtained from an inventory in the stand, and two clones were analyzed: Eucalyptus urophylla and Eucalyptus urograndis. The experiment was carried out in the Pontal dos Angicos farm, owned by the company Agropecuária Pontal Ltda., in the municipality of Padre Bernardo, state of Goiás. A randomized block design (DBC) was randomized to three plots of 60x9m block, with three blocks for each clone analyzed. In each plot the DBPs and heights of all the trees of the plot were measured. After six months the DAB's and height of all shoots, originating from the coppice were measured. The rigorous cubing according to the destructive method was performed for the Eucalyptus urograndis clones, in which 36 trees with a section interval of 1 meter were measured, the volumes obtained by the Smalian formula. From these data, 10 volumetric models were adjusted, being four of single entry and six of double entry, for each analyzed altimetric quota (811m, 814m, 817m) and for the field (all classes together), being the Spurr model log), the best fit for the field, and that of Meyer, Husch and Kopecky-Gehardt, the 811, 814 and 817m quotas, respectively. The Tukey test was performed in order to verify the statistical difference of the volume in the different slopes. The test reported a difference between the volume of small and medium elevations. The graphical behavior of the heights (Ht) and the diameters of the base height (DAB's) of the shoots were evaluated sequentially, and the slope effect was compared by Tukey test and analysis of variance (ANOVA), which reported statistical differences.

KEY WORDS: Declivity, eucalyptus, silvipastoril, elevation.

1. INTRODUÇÃO

No mundo inteiro, o setor florestal tem importância como fornecedor de matéria-prima e energia para a indústria da construção civil e de transformação (siderúrgica, metalúrgica, naval, moveleira, papel e celulose).

O Brasil se destaca no setor de florestas plantadas do mundo, dado ao potencial em crescimento vegetacional, ciclos de corte relativamente curtos, ciclos de produção com alta produtividade e condições edafo-bioclimáticas favoráveis.

Atualmente, o país conta com cerca de 7,8 milhões de hectares de florestas plantadas, principalmente dos gêneros *Eucalyptus e Pinus* e que são responsáveis pelo suprimento de quase a metade da demanda do mercado brasileiro de madeira (IBÁ, 2016). O sucesso do setor florestal brasileiro se dá em função da implementação do melhoramento genético, que através de técnicas de clonagem, permitiu a formação de boas combinações genéticas, gerando a adaptação do gênero a diversas condições climáticas e ambientais, acarretando em sua difusão pelo território nacional (Xavier & Silva, 2010).

Contudo, fatores ambientais como clima e topografia, continuam sendo importantes influenciadores da produtividade do setor florestal no Brasil. A topografia do terreno está entre os principais fatores que afetam a produtividade de povoamentos, uma vez que, implica em variações espaciais das propriedades do solo, tão quanto o escoamento, a evaporação e a transpiração (Zhu et al., 2015).

O relevo desempenha importante papel na distribuição dos nutrientes, matéria orgânica e recursos hidrológicos ao longo da área (Muñoz et al., 2014). Chagas et al. (2013) ressaltam a influência da variação de elevação e declividade na fertilidade do solo, o qual tende a criar gradientes locais em áreas de relevo variável.

Outro fator de relevante influência no setor florestal são as práticas de manejo que garantem a produção contínua e sustentável de recursos madeireiros.

Com o atual cenário econômico mundial e a eminência da redução da demanda de produtos de origem florestal, é importante buscar métodos de manejo economicamente viáveis, que proporcionem maiores lucros a um menor custo. Dentre esses métodos está a talhadia que pode ser mais atraente em relação a reforma, uma vez que dispensa custos iniciais de implantação, além de apresentar desenvolvimento inicial mais acelerado (Lopes, 2012; Cacau et al, 2008).

A determinação de estoque é fundamental para avaliação e condução do manejo. Nesse aspecto as equações volumétricas constituem uma das principais ferramentas de quantificação do setor florestal (Leite & Andrade, 2003). Essas podem ser classificadas como de simples entrada, considera-se somente uma variável independente (diâmetro) para aferição do volume, e de dupla entrada, que leva em conta as variáveis diâmetro e altura (Santos et al., 2012). A acurácia e precisão na modelagem são essenciais para o planejamento e utilização da madeira, de forma que foram desenvolvidas numerosas equações matemáticas para estimar o volume de povoamentos florestais (Miguel et al., 2010). Nesse aspecto Guimarães & Leite (1996) reportam a maior acurácia de modelos ajustados por classe, uma vez que permitem a redução da amplitude volumétrica entre essas classes.

Nos últimos anos, com o aumento da população e conseqüente crescimento da demanda por alimentos, matéria prima e fontes de energia, tem crescido a implantação de plantios florestais em espaçamentos amplos com configurações variadas, mesclando pastagens e culturas agrícolas, formando os sistemas agroflorestais (SAF's) (Magalhães et. al., 2007; Oliveira, 2014).

O Sistema Silvopastoril (SSP) é uma das práticas contidas nos SAF's, sendo a mais usual na região central do Brasil, com destaque para Minas Gerais (Bernadino, 2007). Esse sistema consiste no manejo de árvores, plantas forrageiras e animais estabelecidos em uma mesma área (Embrapa, 2003). Na implantação da prática deve se atentar as espécies herbáceas e arbóreas selecionadas, a fim de se obter a melhor produtividade do sistema, evitando-se possíveis inibições ocasionados por competições ou sombreamento (Soares et. al., 2009; Oliveira, 2014).

Diante do exposto o presente trabalho visa avaliar as características dendrométricas e a produtividade de povoamento misto, de *Eucalyptus*, instaurado sob sistema silvipastoril, em diferentes elevações.

2. JUSTIFICATIVA

Dada a importância e destaque do setor florestal brasileiro, e a relevante influencia desse a economia nacional, com PIB setorial de R\$ 68,9 bilhões no ano de 2015 (IBÁ, 2016). É importante o desenvolvimento de pesquisas que visem a maximização da produtividade e maior adaptabilidade das espécies as condições edafo-bioclimáticas, a

fim de se garantir o constante crescimento do setor. Além disso, em contrapartida, são poucos os estudos relacionados ao efeito do relevo sob a produtividade. Desta forma, justifica-se este estudo que busca responder a influência do relevo sobre a produtividade de povoamentos florestais.

3. OBJETIVO

3.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito do relevo sob as características dendrométricas de dois clones de eucalipto, em sistema silvipastoril, implantado em regime de talhadia, além de avaliar a produtividade de clones de *Eucalyptus urograndis* em diferentes elevações.

3.2. Objetivos específicos

- Desenvolver equações volumétricas para o povoamento;
- Avaliar o crescimento dos clones em diferentes elevações do terreno;
- Avaliar o efeito da elevação do terreno no desenvolvimento das árvores e na condução das brotações;

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 *Eucalyptus* sp.

A cultura do gênero *Eucalyptus* no Brasil ocorreu em 1904, por Edmundo Navarro de Andrade, com o objetivo de suprir a demanda por produtos madeireiros, como lenha, dormentes e postes, para a Companhia Brasileira de Estradas de Ferro, no sudeste do país (Viana, 2004; Foelkel, 2005). De 1909 a 1960 já haviam sido plantados 46,5 milhões de árvores no estado de São Paulo.

Em 1925 Navarro de Andrade encaminha a Forest Products Laboratory (FPL), em Madison, EUA, amostras de *E. urophylla* e *E. teriticornis* para a realização de testes experimentais que viabilizassem a utilização do gênero para produção de papel e celulose (Foelkel, 2005). Com base nas pesquisas iniciadas por Andrade, na década de 50, o eucalipto passa a ser utilizado na produção de celulose e papel (Dossa, 2003), alavancando o crescimento da silvicultura no país. Nesse período fez se necessário o

aumento da tecnologia e maior conhecimento na área florestal, que culminaria na criação da Escola Nacional de Florestas, em 1960 (Foelkel, 2005).

O reflorestamento em larga escala no Brasil se deu na década de 60, em detrimento da sancionada Lei nº 5.106/66, com a instalação do programa de incentivos fiscais, que perdurou até o ano de 1987 (Foelkel, 2005). A partir desse ponto teve-se a expansão das áreas de florestas plantadas no Brasil, em sua maioria constituídas dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, chegando ao marco de 5,3 milhões de hectares, em 1983 (Viana, 2004).

Atualmente, o país conta com 7,8 milhões de hectares de florestas plantadas, principalmente do gênero *Eucalyptus* que representa 76,6% do montante total, sendo o principal responsável pelo suprimento da demanda do mercado brasileiro de madeira (IBÁ, 2016).

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, sendo composto por mais de 600 espécies. Apesar de ser nativo de regiões da Austrália, o gênero apresenta boa adaptação as condições edafo-bioclimáticas brasileiras (Motta et al., 2010), com médias anuais de 25 m³ por hectare (Reiner et al., 2011).

A importância do gênero se dá em função de sua versatilidade, sendo sua matéria prima utilizada para diversos fins, como energia, celulose e papel, laminação, serraria, medicamentos, cosméticos, tecidos e alimentos.

4.2 Melhoramento genético

A hibridação de espécies do gênero *Eucalyptus* tem assumido relevante importância nos programas de melhoramento genético do setor florestal, dado o fato de que o processo se baseia na junção de características de interesse de diferentes espécies (Rosado, 2008).

O *Eucalyptus urograndis* é o híbrido de maior destaque do setor silvicultural brasileiro, abrangendo cerca de 600.000 hectares plantados (Freitag, 2013), especialmente na região sudeste do país (Braga, 2008). O *E. urograndis* é um clone desenvolvido no Brasil, através da combinação entre o *Eucalyptus grandis* e o *Eucalyptus urophylla*. O cruzamento objetiva a obtenção de plantas de elevado crescimento, característica do *E. grandis*, aumento da densidade da madeira, das propriedades físicas da celulose, elevação da adaptação a ambientes e resistência a doenças, características do *E. urophylla* (Freitag, 2013).

As técnicas de melhoramento genético apresentam relevante importância na produtividade do setor, com acentuada redução dos custos e aumento do valor agregado

da matéria prima e produto final (Assis, 2015). Mori (2006) relata expressivo incremento da produtividade de plantios realizados pós inserção dos programas de melhoramento no país.

Os programas de melhoramento são processos específicos destinados a produção de determinadas características. No que concerne a produção de energia, uma das principais vertentes do setor florestal no Brasil, o aumento da densidade da madeira e do teor de lignina são características desejáveis (Assis, 2015). A densidade da madeira está diretamente relacionada ao seu poder calorífico (Brito, 1993), sendo povoamentos constituídos de indivíduos de alta densidade, destinados a lenha e carvão, mais rentáveis, devido a redução dos custos de operação, uma vez que não há alterações no volume a ser manejado. Em relação aos teores de lignina tem-se ganhos significativamente positivos, em maior concentração do extrativo. Tal fato está relacionado ao maior poder calorífico da lignina em relação aos demais extrativos, podendo ser até 30% maior que a celulose e hemicelulose (White, 1987).

4.3 Sistema Silvistoril

Os sistemas agroflorestais (SAF's) são formas de uso ou manejo da terra que envolvem a produção conjunta de espécies arbóreas (frutíferas e/ou madeiras), com cultivos agrícolas e/ou animais em mesma área. Esses funcionam como um diversificador de mercado, objetivando a maior produtividade e lucratividade da terra. Há várias combinações de consórcio entre culturas agrícolas, pecuária, floresta em prática no Brasil, sendo implementados de acordo com o espaço, tempo, capital e mercado disponível, resultando em diversificados SAF's, como sistemas silvistoris, agrosilvícola e agrosilvistoril (Embrapa, 2007; Ribaski, 2012; CI Florestas, 2008).

O sistema silvistoril consiste na associação de plantio de árvores manejadas, plantas forrageiras e animais, em uma mesma área. Esse sistema tem sido amplamente estudado e aplicado no setor agrário tropical e subtropical, devido a vasta gama de combinações apresentadas na associação entre espécies herbáceas e arbóreas, que é favorecida pelo microclima vigente nos trópicos (Soares et al., 2009).

A inserção de espécies florestais de copas estreitas e espaçamentos amplos, aliados aos climas tropical e subtropical, são estratégias favoráveis ao desenvolvimento de forrageiras, como *Brachiaria* sp., em sistemas silvistoris (Soares et al., 2009). Sob estas condições, verifica-se o acúmulo de radiação solar no sub-bosque, pela redução do dossel de eucalipto, permitindo a incidência direta de luz (Oliveira, 2007), fato que,

favorece a competitividade e acelera o crescimento das herbáceas, proporcionando o maior desenvolvimento dos animais, como gado, que apresenta predominância nos sistemas aplicados no Brasil (Machado et al., 2014).

4.4 Regeneração de povoamentos

O setor florestal sob o ponto de vista econômico, consiste de uma série de atividades, conduzidas por métodos e técnicas, que permitem o prosseguimento do ciclo da cadeia produtiva, de forma a se obter o máximo lucro proveniente do povoamento, levando-se em consideração prerrogativas biológicas, ecológicas e econômicas (Ribas, 1989). Dentro deste aspecto, conhecer a dinâmica econômica do povoamento é uma das variáveis mais relevantes na tomada de decisões do empreendimento (Souza, 2002).

Nesse sentido, a reforma pós plantio tem apresentado nas últimas décadas resultados significativos no que concerne ao uso racional e econômico de floresta plantadas de *Pinus* e *Eucalyptus*, proporcionando maior fluxo de matéria prima a preço competitivo (Ribas, 1989; Rodriguez, 1997).

O reestabelecimento do ciclo pós corte pode ser conduzido por métodos distintos, sendo os mais usuais a reforma e a talhadia (IPEF, 2006).

A reforma consiste no replantio do povoamento, em que pode ser realizado a troca do material genético e/ou espaçamento empregado. Nesse sistema as cepas são retiradas ou dessecadas e os procedimentos de implementação são novamente empregados, fato que onera no maior custo de sua aplicação (IPEF, 2006). A talhadia consiste na condução de brotações de cepa da floresta recém explorada. Essa prática é aplicada em povoamentos de alta produtividade, que apresentam espaçamento e material genético adequados (IPEF, 2006).

4.5 Regeneração por Talhadia

O Brasil conta com cerca de 6 milhões de florestas plantadas de *Eucalipto* (IBÁ, 2016), tornando essa a espécie de maior relevância no setor nacional. Com a atual crise econômica e as incertezas do mercado de produtos florestais, teve-se a contração da expansão dos plantios entre os anos de 2014 e 2016, com decréscimo generalizado na quantidade explorada, tendo como destaque o carvão vegetal e a lenha, com retrações de 21,9% e 6,8%, respectivamente (IBGE – Pevs, 2015).

Mesmo diante desse cenário, o setor apresenta potencial de crescimento e competitividade, devido à grande extensão de terras com aptidão florestal, localizadas em

território nacional (CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil). Além disso, tem crescido o interesse pelo manejo por talhadia, uma vez que proporciona a redução dos custos se comparada as atividades de reforma (Souza, 2002). Segundo Cacau et al. (2008), o manejo de regeneração por talhadia pode ser vantajoso em comparação a reforma, pois, a taxa de crescimento inicial das brotações é superior a de plantios conduzidos por alto fuste.

A grande difusão da talhadia se deve, além dos fatores supracitados a: produção de madeira de pequena e média dimensão, dispensa de preparo do solo e aquisição de mudas, facilidade de planejamento e condução de manejo, redução de custos agregados a madeira produzida e, redução da idade de corte que proporcionam antecipação de retornos monetários (Freitag, 2013).

A maior taxa de crescimento das brotações se deve a presença do sistema radicular consolidado, que favorece a melhor obtenção de água e nutrientes (Blake, 1983). Assim, a alocação de foto-assimilados nas raízes tende a ser maior, fato que favorece esse órgão em comparação a parte aérea em estágio inicial de desenvolvimento, tendo normalização da relação raiz parte aérea com o avançar da idade (Barros et al., 1997).

Atualmente a prática vem sendo conduzida em plantios de alta produtividade, em sua maioria de pequenos e médios produtores, com povoamentos designados a produção de lenha e carvão, sendo o regime aplicado, em quase sua totalidade em processo de uma rotação (Freitag, 2013; Oliveira et al., 2006; Oliveira et al., 2008; Oliveira, 2014; Lopes, 2012).

4.6 Modelos volumétricos

A determinação do volume de espécies florestais é um processo dispendioso e oneroso, que demanda altos custos. A cubagem rigorosa das árvores tem por finalidade a obtenção do volume real das árvores e gera informações necessárias ao ajuste de modelos matemáticos que permitem estimar o volume das árvores, minimizando os custos da volumetria no setor florestal (Finger, 1992; Silva et al., 2009; Miguel, 2009).

As equações volumétricas obtidas a partir do ajuste dos modelos volumétricos constituem uma das principais ferramentas de quantificação do setor florestal, sendo imprescindíveis para o manejo sustentável (Leite & Andrade, 2003) e demais atividades do setor.

A acurácia e precisão da volumetria são fundamentais para o planejamento e gerenciamento da utilização da madeira. Nesse aspecto, foram desenvolvidas várias

equações que se propõem a estimar o volume de árvores de povoamentos florestais, contudo, os modelos de regressão podem não se adequar a determinadas situações, sendo necessário o ajuste de vários modelos para a seleção daquele que se ajusta melhor a cada condição (Miguel et al., 2010).

Outro procedimento utilizado para a estimativa do volume é o fator de forma, processo altamente usado na década de 80 (Rolim et al., 2006), cuja concepção está baseada na correção do volume do cilindro para o volume individual da árvore (Miguel et al., 2010).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Local de estudo

O estudo foi conduzido na Fazenda Pontal dos Angicos (**Figura 1**), de propriedade da Empresa Agropecuária Pontal dos Angicos Ltda.. A propriedade está localizada a 42 km de Brasília, às margens da DF 205, entre as coordenadas 809003.692623 mO e 8285038.98815 mS (Projeção UTM, Datum Sirgas 2000, Zona 23 Sul), no município de Padre Bernardo, estado do Goiás. O clima da região é classificado como tropical Aw, segundo Köppen e Geiger, com inverno seco e verão úmido, de precipitação média de 1.376 mm/ano. A propriedade está situada em área de relevo ondulado, com presença de morros e colinas de topo tabular e aguçado. O solo é classificado como Latossolo.

A Fazenda ocupa 1.705 ha, sendo 332 ha convertidos, no ano de 2011, em áreas de povoamentos de *Eucalyptus*, implementados em Sistema Silvistoril, dispostos no arranjo de linhas, no espaçamento de 9 x 3 m. O gado Nelore foi introduzido na área, 12 meses após conclusão do plantio. Atualmente a fazenda conta com cerca de mil cabeças de gado, de propriedade de terceiros pela prática de arrendamento. O plantio conta com uma vasta variedade de clones de *Eucalyptus*, destinados a produção de lenha, carvão vegetal, mourões e madeira serrada.

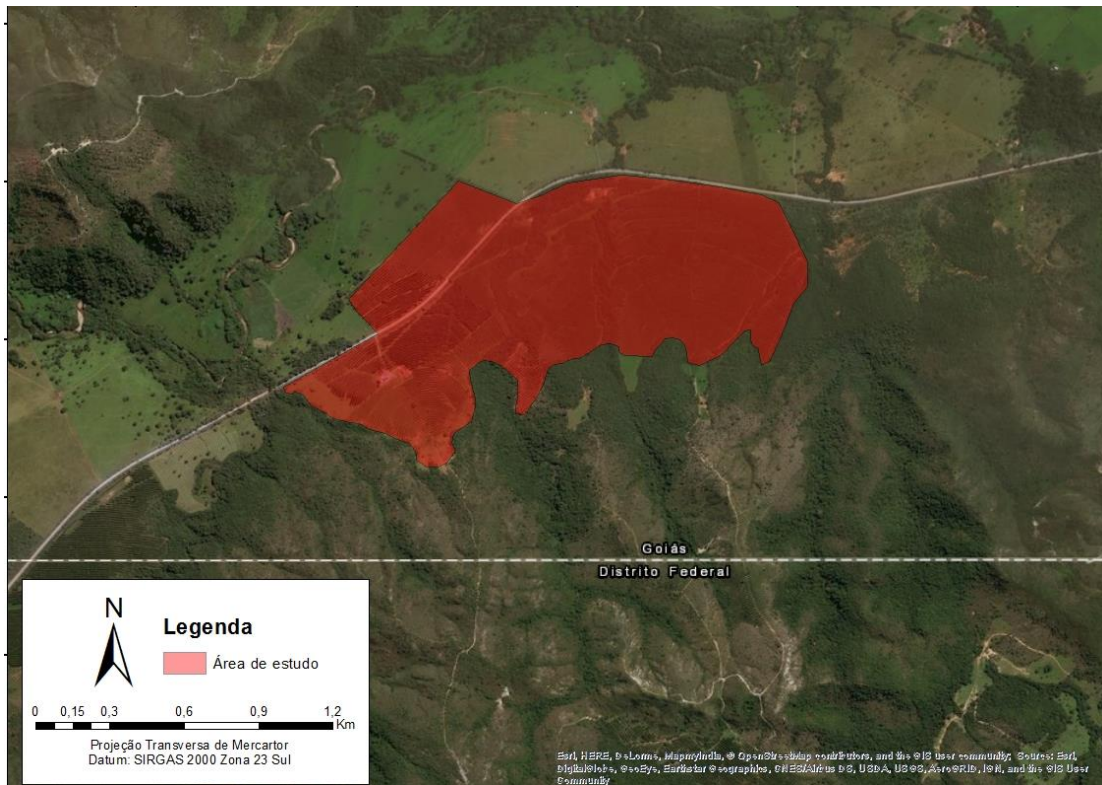
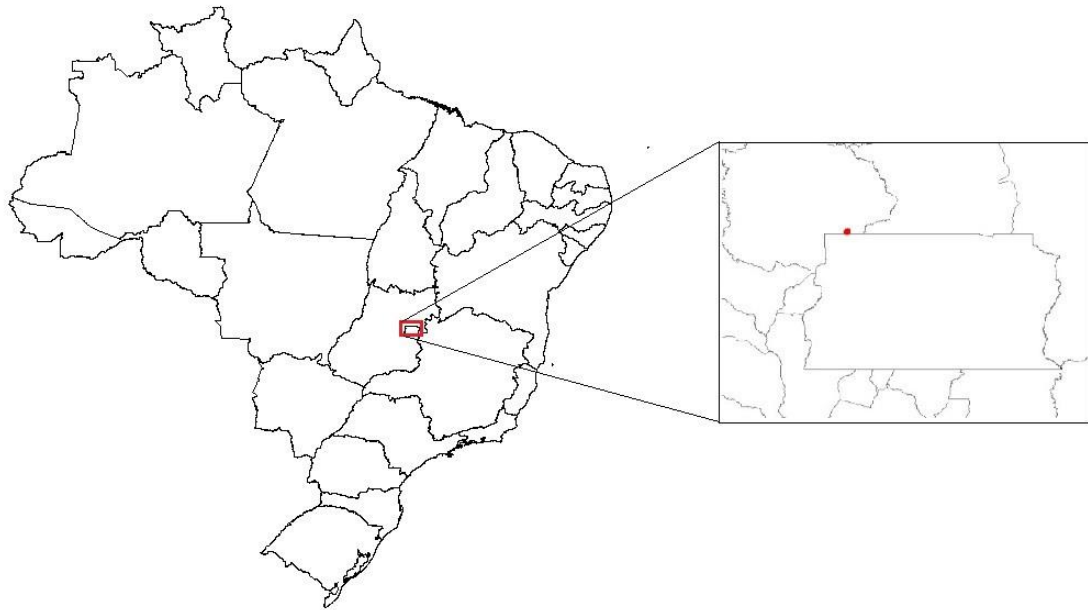


Figura 1- Localização da área de estudo, em meio ao povoamento de *Eucalyptus*, Fazenda Pontal dos Angicos, município de Padre Bernardo, Goiás. Fonte: Rafael Jacome.

5.2 Regeneração do povoamento

O corte foi realizado em abril de 2017, em área de 60,8 ha, quando as árvores estavam com cinco anos e meio. O corte foi realizado em linhas alternadas, onde nas linhas de corte foi realizado o corte raso, deixando para rebrota toco a altura de 10 cm.

5.3 Sistema Silvistoril

A forragem é composta por espécie dos gêneros *Andropogon* e *Brachiaria*. Para realização do plantio foi realizado a subsolagem das linhas, evitando-se o revolvimento das entrelinhas, que já se encontravam com pastos formados. A correção do solo foi feita com adubação mineral e orgânica juntamente com a calagem em cova.

5.4 Caracterização do talhão

O talhão utilizado como base para realização do trabalho, apresenta árvores de diâmetro a altura do peito (DAP) variando no intervalo de 15-24cm e alturas (Ht) compreendidas no intervalo de 19-28m. O dados médios das variáveis DAP e Ht apresentadas pelo talhão são reportadas na **Tabela 1**.

Tabela 1- Características do povoamento. DAP e Ht médios e seus respectivos intervalos de variação.

DAP (cm)	Ht (m)
19,5 (± 4,5)	23,5 (± 4,5)

5.5 Delineamento

5.5.1 Desenvolvimento volumétrico dos indivíduos arbóreos em função da declividade

A área de estudo compreende 60,8 hectares, com declividade média de 7,12%, e altitudes de que variam 787 a 838 m. Nessa área foram plantados três espécies de *Eucalyptus*. O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados (DBC) com três tratamentos e três repetições. Foram aleatorizadas três parcelas de 60x9m por bloco, constituídas de uma linha de plantas com vinte árvores na linha, sendo realizada a cubagem rigorosa, por método destrutivo (**Figura 2**). Os referidos procedimentos foram realizados para o clone *E. urograndis*.



Figura 2- Árvores abatida, a altura de 10 cm do solo, a serem cubadas em seções de intervalo de 1 metro.

A **Tabela 2** apresenta a distribuição dos tratamentos dos clones de *Eucalyptus urograndis*, nas diferentes elevações, que compõem a área amostral.

Tabela 2- Tratamentos empregados na análise de desenvolvimento dos indivíduos arbóreos.

Tratamentos	Cota altimétrica (m)
1	811
2	814
3	817
Declividade média (%)	16,67

5.5.2 Incremento de brotações em função do método de condução de talhadia e elevação

No que concerne a análise das brotações, essa foi conduzida no povoamento supracitado, 6 meses após a execução do corte. Para tal foram analisados dois talhões, localizados no mesmo povoamento, sendo esses referentes aos clones de *E. urophylla* e *E. urograndis*. O povoamento encontra-se com linhas intercaladas, entre brotações e

árvores, de 6 meses e 6 anos de idade respectivamente (**Figura 3**). O delineamento seguiu o mesmo procedimento aplicado na análise do desenvolvimento volumétrico.



Figura 3- Disposição das linhas de plantio, intercaladas entre árvores e brotações.

A **Tabela 3** apresenta a distribuição dos tratamentos dos clones de *Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus urograndis*, nas diferentes cotas altimétricas, levadas em consideração para realização da análise das brotações.

Tabela 3- Cotas e declividades das linhas de brotações analisadas.

Tratamentos	<i>E. urograndis</i>	<i>E. urophylla</i>
	Cota altimétrica (m)	Cota altimétrica (m)
1	811	788
2	814	790
3	817	792
Declividade média (%)	16,67	11,11

Ressalta-se que o manejo de talhadia foi implantado no mês de junho do ano de 2017, a avaliação foi realizada ao longo dos meses de agosto e setembro, sendo os dados compilados e posteriormente correlacionados, entre os três intervalos de elevação do terreno.

5.6 Coleta de dados

5.6.1 Determinação de cotas altimétricas

Para o levantamento dos dados foram delimitadas seis cotas altimétricas, a fim de se analisar o desenvolvimento em função da elevação. As cotas foram estabelecidas em

intervalos de um metro pelo software Arcgis 10.4, sendo selecionadas as cotas de 788m, 790m, 792m, 811m, 814m e 817m. A fim de se validar as cotas geradas foram coletados 20 pontos, por cota, com auxílio de GPS Garmim Etrex Vista. Posteriormente os pontos (coordenadas) foram inseridos no software Google Earth Pro, no qual pode-se aferir a cota dos mesmos, com base em dados planialtimétricos do programa, garantindo a acurácia das curvas de nível geradas.

5.6.2 Árvores

Para o levantamento dos indivíduos arbóreos teve-se área amostral de 11.529 m², sendo esta referentes a análise de árvores de 5,5 anos de idade de *E. urograndis* (Figura 4).

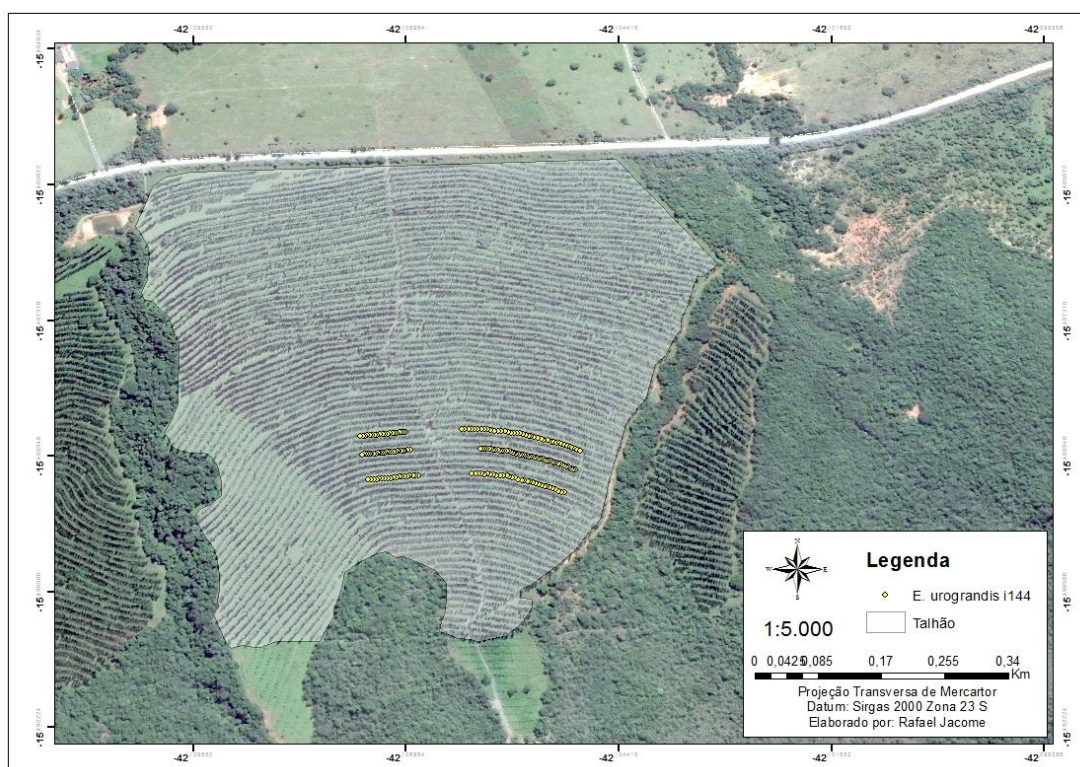


Figura 4- Árvores de *E. urograndis* analisados. Fonte: Rafael Jacome.

As parcelas foram analisadas pela obtenção das variáveis diâmetro a altura do peito (DAP) e altura total (Ht), sendo realizada a cubagem rigorosa de 4 árvores por parcela, o que se refere a 20% dos indivíduos presentes na mesma.

Os dados de DAP e Ht, foram aferidos através da utilização de suta dendrométrica e trena, respectivamente. Para procedimento de cubagem rigorosa, seguiu-se metodologia apresentada por Scolforo & Figueiredo Filho (1998) para *Eucalyptus* e *Pinus*, com

comprimentos de seções de 1 metro, até diâmetro comercial de 4 cm, proposto por Silveira et al. (2011). Todos os indivíduos amostrados tiveram suas alturas e seus diâmetros contabilizados, incluindo-se a espessura da casca.

Ressalta-se que todos os indivíduos foram mensurados em campo, no mês de junho de 2017.

5.6.3 Brotações

Para levantamento dos dados pertinente as brotações, teve-se área amostral de 23.058 m², fracionada em seis blocos (60x63m), sendo três blocos referentes a análise do *E. urophylla* e três referentes ao *E. urograndis* (**Figura 5**).

No bloco cada parcela foi analisada por meio da mensuração das variáveis diâmetro a altura da base (DAB) e altura total (Ht) do broto de maior representatividade (melhor inserção na cepa e maior Ht).

Os dados de DAB e a Ht foram aferidos com o uso de paquímetro digital e régua telescópica graduada, respectivamente. Os indivíduos amostrados tiveram suas coordenadas obtidas através da utilização de GPS Garmim Etrex Vista H.

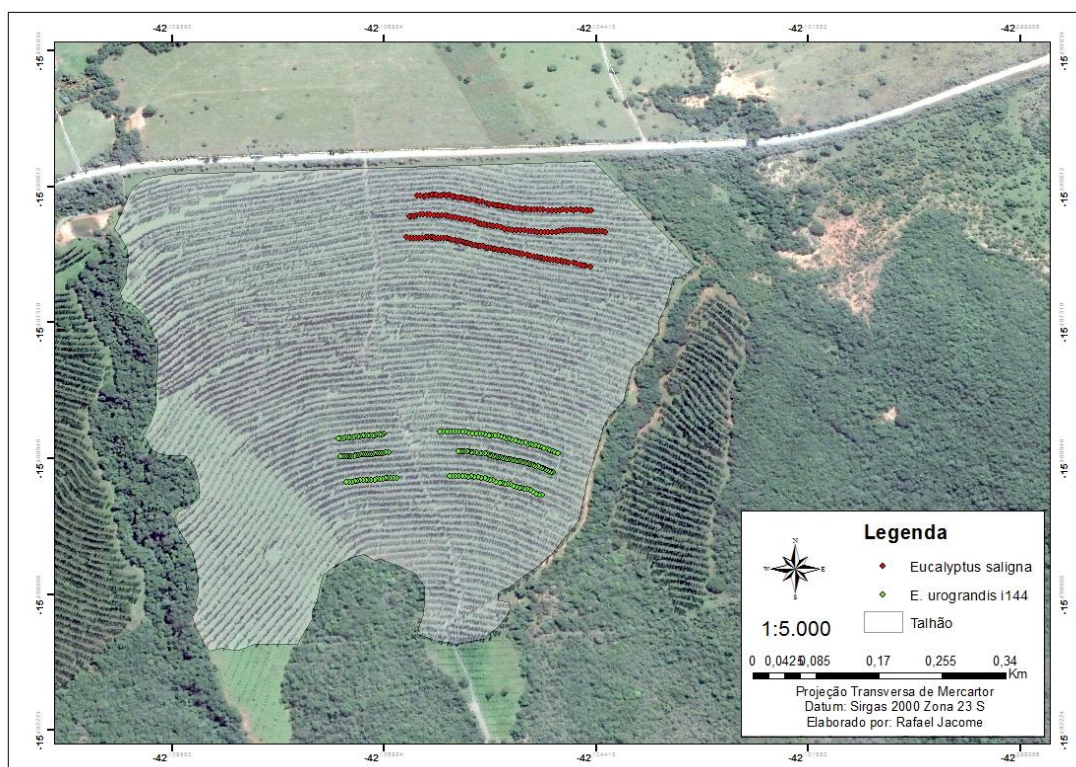


Figura 5- Brotações de *E. urophylla* e *E. urograndis* analisadas. Fonte: Rafael Jacome.

5.7 Análise de dados

5.7.1 Cubagem rigorosa

As árvores foram distribuídas em função das cotas altimétricas do terreno, de forma a cobrir as variações do talhão.

As árvores amostradas foram abatidas e medidas a partir da altura da cepa (10 cm) até diâmetro comercial de 4 cm. A cubagem foi realizada em seções de 1m e os diâmetros ao longo do fuste foram mensurados com auxílio de uma suta dendrométrica. O volume das seções intermediárias entre a cepa e a ponta foram obtidas a partir da fórmula de Smalian (Husch et al., 1982). Portanto, o volume total das árvores foi obtido, através da cubagem de 36 indivíduos, sendo 12 indivíduos para cada elevação, a partir da seguinte relação:

$$v = \sum \left[\left(\frac{g_i + g_{i+1}}{2} \right) * l_i \right] + \left(\frac{1}{3} * g_{ponta} * l_{ponta} \right) \quad (1)$$

Em que: v = volume (m^3); g_i = área seccional do extremo da seção (m^2); g_{i+1} = área seccional do outro extremo da seção (m^2); l_i = comprimento da seção (m); g_{ponta} = área seccional da última seção (m^2); l_{ponta} = comprimento da última seção (m).

5.7.2 Ajuste de modelos volumétricos

Foram ajustados quatro modelos distintos (**Tabela 4**), a fim de se obter o mais preciso. Os modelos foram ajustados para 4 situações, sendo, cota de 811, 814 e 817 m, respectivamente, e talhão (todas as cotas conjuntamente), totalizando 16 ajustes, no intuito de se obter maior precisão das variações oriundas das diferentes elevações. Para escolha do melhor modelo foi considerado o coeficiente de determinação da regressão, o erro padrão das estimativas, que foi recalculado para as equações logarítmicas e a análise gráfica dos resíduos (Barreto et al. 2014; Miguel & Leal, 2012; Scolforo, 1997).

Ressalta-se que os modelos utilizados tratam-se de modelos de dupla entrada, com exceção de Husch, que levam em consideração as variáveis diâmetro e altura. Miguel & Leal (2012), apontam que em geral, modelos de dupla entrada tendem a apresentar melhores resultados estatísticos se comparados aos de simples entrada, devido ao ajuste englobar dados referentes a altura e ao diâmetro, fato que garante melhor representação da população amostrada.

Tabela 4- Modelos volumétricos ajustados.

Autor	Modelo
Husch	$LnV = \beta_0 + \beta_1 Lndap + \varepsilon$
Spurr	$V = \beta_0 + \beta_1 dap^2 ht + \varepsilon$
Schumacher & Hall (log)	$LnV = \beta_0 + \beta_1 Lndap + \beta_2 Lnht + \varepsilon$
Spurr (log)	$LnV = \beta_0 + \beta_1 Ln(dap^2 ht) + \varepsilon$

Em que: V = volume (m³); dap = diâmetro a altura do peito (cm); ht = altura total (m); β 's - parâmetros a serem estimados; Ln - logaritmo neperiano.

5.7.3 Validação das estimativas

Foi realizado o teste Qui-quadrado (χ^2), com banco de dados independente, condizente a 34% das árvores cubadas (12 indivíduos), a fim de se avaliar a precisão das estimativas dos melhores modelos ajustados com os respectivos volumes reais.

$$\chi^2 = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 / \hat{y}_i \quad (2)$$

Em que: y_i = volume real das árvores; \hat{y}_i = volume estimado das árvores pela equação selecionada

5.7.4 Volume em função da elevação

O delineamento das árvores foi instaurado em três blocos, compostos por três tratamentos (cotas de 811 m, 814 m e 817 m) cada. A análise dos dados de variação do volume nos diferentes tratamentos, foi realizada por meio do cálculo da análise variância (ANOVA) e Teste Tukey, ambos a 5% de significância, sendo estes determinados pelos softwares Microsoft Excel e Past 2.17, respectivamente.

5.7.5 Avaliação dendrométrica de brotações

Para a avaliação da variação dendrométrica das brotações, em função da elevação, foi realizada a análise de regressão e Teste Tukey, ambos a 5% de significância, de maneira análoga ao procedimento realizado na comparação do volume em função da elevação. Ressalta-se que os cálculos foram realizados de maneira isolada para cada variável (DAB e Ht), um vez que o objetivo é a aferição da existência de diferença estatística das variáveis em diferentes elevações.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Determinação do modelo volumétrico

6.1.1 Ajuste de modelos para aferição do volume total, com casca do talhão

Foram ajustados quatro modelos para aferição do volume do talhão. Os parâmetros estimados de cada modelo são apresentados na **Tabela 5**.

Tabela 5- Parâmetros das estimativas para modelos volumétricos ajustados.

Autor	Modelo
Husch	$LnV = -6,28872 + 1,718548Lndap$
Spurr	$V = 0,104324 + 2,26 * 10^{-5}dap^2ht$
Schumacher & Hall (log)	$LnV = -7,622546 + 1,22954Lndap + 0,88324Lnht$
Spurr (log)	$LnV = -7,407481 + 0,684236Ln(dap^2ht)$

Em que: V = volume (m³); dap = diâmetro a altura do peito (cm); ht = altura total (m); β's - parâmetros a serem estimados; Ln - logaritmo neperiano.

A **Tabela 6** apresenta as mediadas de ajuste calculadas para os modelos de dupla entrada para determinação do volume do talhão, de *E. urograndis*.

Tabela 6- Medidas de precisão dos modelos ajustados.

Autor	Sxy (%)	R² ajustado (%)
Husch	10,28	69,23
Spurr	9,42	68,81
Schumacher & Hall (log)	9,28	75,54
Spurr (log)	9,24	75,88

Em que: Sxy = erro padrão da estimativa; R² ajustado = coeficiente de determinação ajustado.

Os dados apresentados na **Tabela 6** mostram estimativas satisfatórias se comparados aos apresentados por Pessoa (2014) e Rolim et al. (2006).

Conforme a **Tabela 6**, os modelos de Spurr (log) e Scumacher & Hall (log), apresentaram os maiores coeficientes de determinação ajustado (R² aj.) e erros padrões das estimativas (Sxy%). Contudo, a equação de Spurr (log) apresenta ligeira superioridade aos demais, apresentando o menor Sxy% e o maior R² ajustado.

A **Figura 6** retrata a distribuição gráfica dos resíduos, para os quatro modelos ajustados.

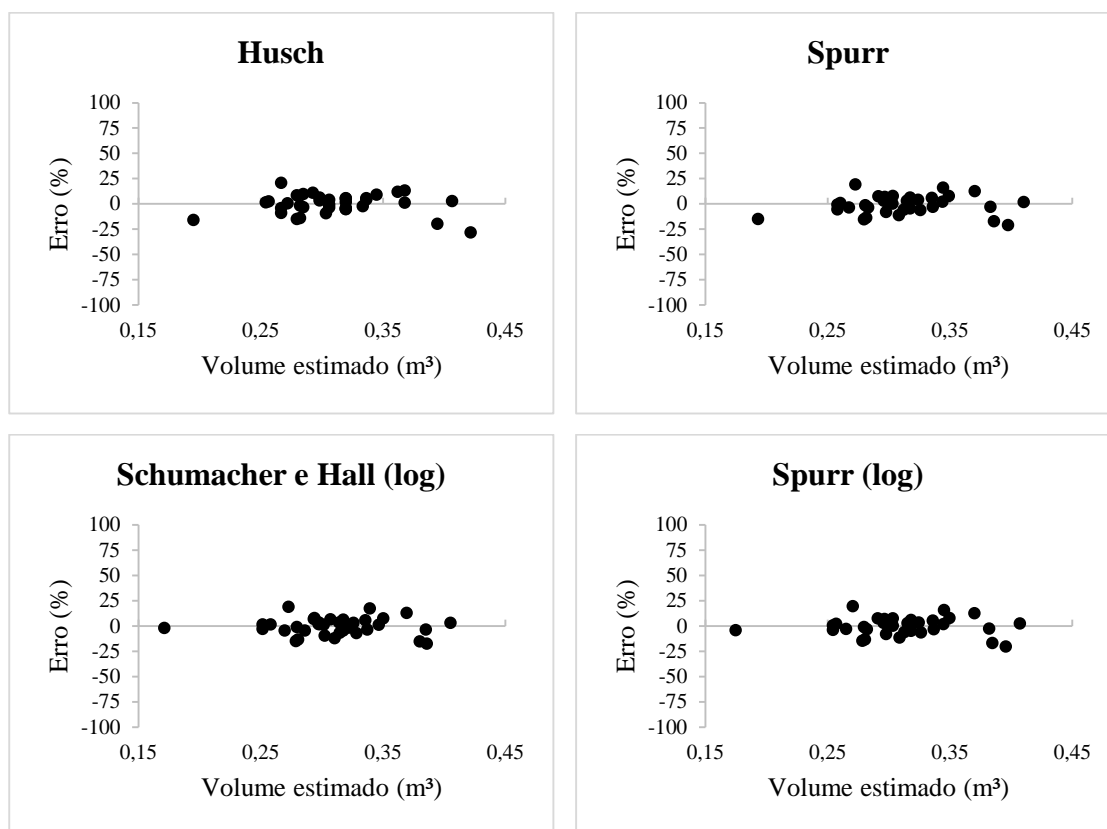


Figura 6- Distribuição dos resíduos em função do volume estimado (m^3).

Após análise da **Figura 6**, nota-se a tendência de subestimação de todos os modelos, para os maiores volumes.

Os quatro modelos ajustados apresentaram acúmulo de estimativas nos volumes intermediários. Ressalta-se que os modelos de Husch, Schumacher & Hall (log), Spurr e Spurr (log), apresentaram distribuição similar, com erros compreendidos no intervalo de 20 a -20%.

Com base na análise da distribuição gráfica e das medidas de precisão contempladas na **Tabela 6**, determinou-se a melhor adequação do modelo de Spurr (log), que apresentou menor erro padrão da estimativa e coeficiente de determinação, critérios tidos como fundamentais para determinação do modelo, uma vez que a distribuição gráfica dos modelos ajustados apresentou-se similar a todos.

Cabe salientar que o teste Qui-quadrado (χ^2) mostrou que os volumes reais não diferem estatisticamente, dos volumes estimados pelo modelo de Spurr (log), selecionado ($\chi^2_{\text{calc}} = 0,0857$; $\chi^2_{\text{tab}} = 17,192$).

6.1.2 Ajuste de modelos volumétricos para aferição de volume, sob elevação de 811m

Foram ajustados quatro modelos, para determinação do volume médio (com casca) da área de elevação de 811 m, os resultados dos ajustes são apresentados na **Tabela 7**.

Tabela 7- Parâmetros das estimativas dos modelos volumétricos ajustados.

Autor	Modelo
Husch	$LnV = -5,97415 + 1,603989Lndap$
Spurr	$V = 0,121041 + 1,97 * 10^{-5}dap^2ht$
Schumacher & Hall (log)	$LnV = -7,37355 + 0,83532Lndap + 1,168662Lnht$
Spurr (log)	$LnV = -6,98159 + 0,63512Ln(dap^2ht)$

Em que: V = volume (m³); dap = diâmetro a altura do peito (cm); ht = altura total (m); β 's - parâmetros a serem estimados; Ln - logaritmo neperiano.

A **Tabela 8** apresenta as medidas de ajuste calculadas para os modelos volumétricos ajustados para elevação de 811 m.

Tabela 8- Medidas de precisão dos modelos ajustados para elevação de 811 m.

Autor	Sxy (%)	R² ajustado (%)
Husch	10,48	76,12
Spurr	7,60	82,23
Schumacher & Hall (log)	4,91	94,72
Spurr (log)	6,80	91,02

Em que: Sxy = erro padrão da estimativa; R² ajustado = coeficiente de determinação ajustado; CV = coeficiente de variação.

Os dados apresentados na **Tabela 8** mostraram um aumento dos coeficientes de determinação ajustados (R² aj.) e redução dos erros padrões da estimativa (Syx%), se comparados aos valores encontrados para a modelagem realizada para o talhão (**Tabela**

6), indicando melhor ajuste, tal fato se deve a maior homogeneidade dos dados, apresentados em cada área de elevação (Pessoa, 2014; Azevedo, 2009).

Os modelos de Spurr e Spurr (log) reportaram resultado similar ao apresentado por Loureiro et al., em ajuste de modelos volumétricos por classe de diâmetro para espécies de *Eucalyptus*.

Os modelos de Shumacher & Hall (log) e Spurr (log) para a estimativa das árvores em elevação de 811 m, mostraram os melhores ajustes, com leve superioridade do modelo de Schumacher & Hall (log), apresentando R^2 aj. de 94,72 e $S_{xy}\%$ de 4,91. Miranda et al. (2105) testando modelos para aferição de volume de *Eucalyptus urograndis*, apontam a superioridade do modelo de Schumacher & Hall para determinação do volume total com casca, corroborando com os dados aqui apresentados.

A fim de se obter maior precisão na determinação do modelo, de melhor representatividade, foi aferida a distribuição gráfica dos resíduos, apresentada na **Figura 7**.

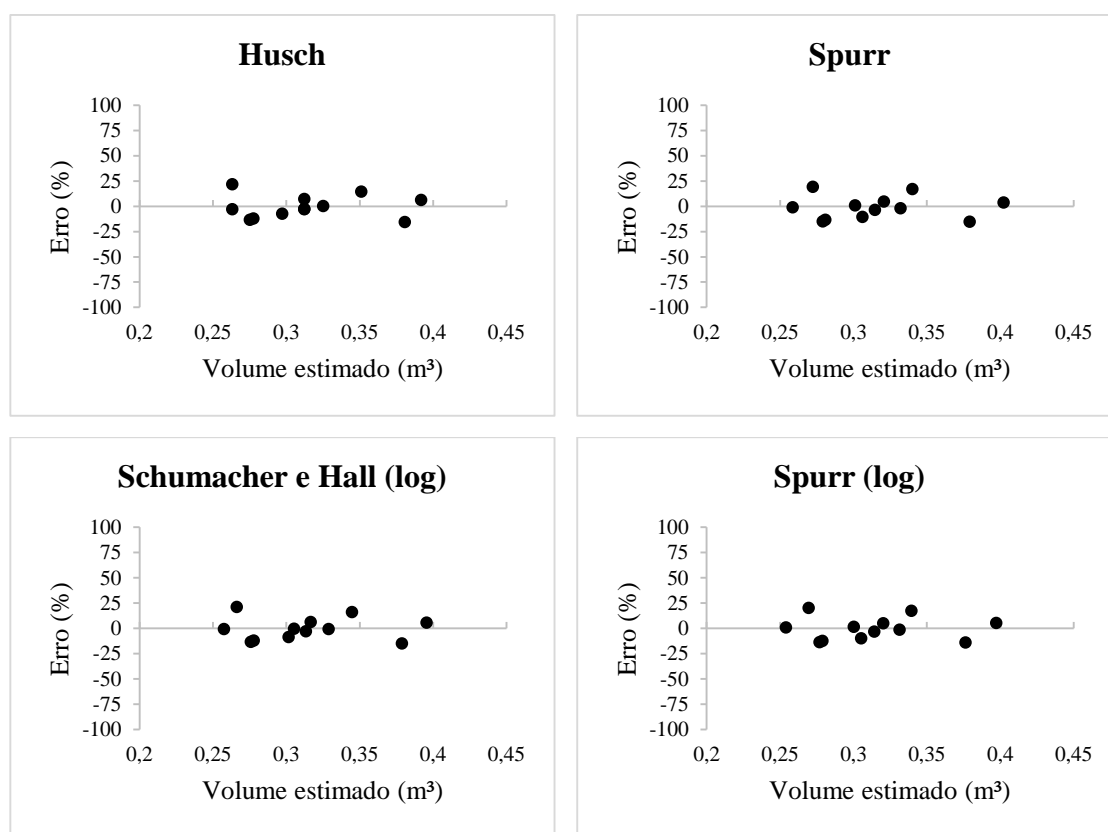


Figura 7 - Distribuição de resíduos em função do volume estimado em m³.

Após análise minuciosa nos gráficos (**Figura 7**) de resíduos e através das estatísticas reportadas na **Tabela 8**, pode-se notar que os modelos apresentaram

distribuição gráfica semelhante, não sendo possível detectar superioridades nesse quesito. Sendo o modelo de Shumacher & Hall (log) o de melhor ajuste devido as melhores medidas de precisão reportadas pelo modelo.

Ressalta-se que o teste Qui-quadrado (χ^2), utilizado para aferição de validade do modelo, mostrou que os volumes reais não diferem estatisticamente, dos volumes estimados pelo modelo de Shumacher & Hall (log), selecionado ($\chi^2_{\text{calc}} = 0,1087$; $\chi^2_{\text{tab}} = 0,207$).

6.1.3 Ajuste de modelos volumétricos para aferição de volume sob elevação de 814m

Os parâmetros obtidos por intermédio da modelagem na elevação de 814 m são reportados na **Tabela 9**.

A **Tabela 10**, representa as estatísticas de ajuste e precisão dos modelos ajustados para elevação de 814 m.

Tabela 9- Parâmetros da estimativa dos modelos volumétricos ajustados, para elevação de 814 m.

Autor	Modelo
Husch	$LnV = -7,61731 + 2,178971Lndap$
Spurr	$V = 0,021288 + 3,25 * 10^{-5}dap^2ht$
Schumacher & Hall (log)	$LnV = -7,22391 + 2,219588Lndap - 0,16157Lnht$
Spurr (log)	$LnV = -9,4425 + 0,909775Ln(dap^2ht)$

Em que: V = volume (m³); dap = diâmetro a altura do peito (cm); ht = altura total (m); β 's - parâmetros a serem estimados; Ln - logaritmo neperiano.

Tabela 10- Medidas de precisão dos modelos ajustados para elevação de 814 m.

Autor	Sxy (%)	R² ajustado (%)
Husch	5,76	78,48
Spurr	6,45	75,73
Schumacher & Hall (log)	6,07	76,25
Spurr (log)	6,49	72,43

Em que: Sxy = erro padrão da estimativa; R² ajustado = coeficiente de determinação ajustado; CV = coeficiente de variação.

Os modelos de Schumacher & Hall (log) e Husch apresentaram os maiores coeficientes de determinação ajustado (R^2 aj.), contudo o modelo de Husch reportou ligeira superioridade das estimativas, resultado similar ao apresentado por Rolim et al. (2006) em avaliação de modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí.

A **Figura 8** mostra a distribuição gráfica dos resíduos para aferição do volume com casca, da área pertinente a elevação de 814 m.

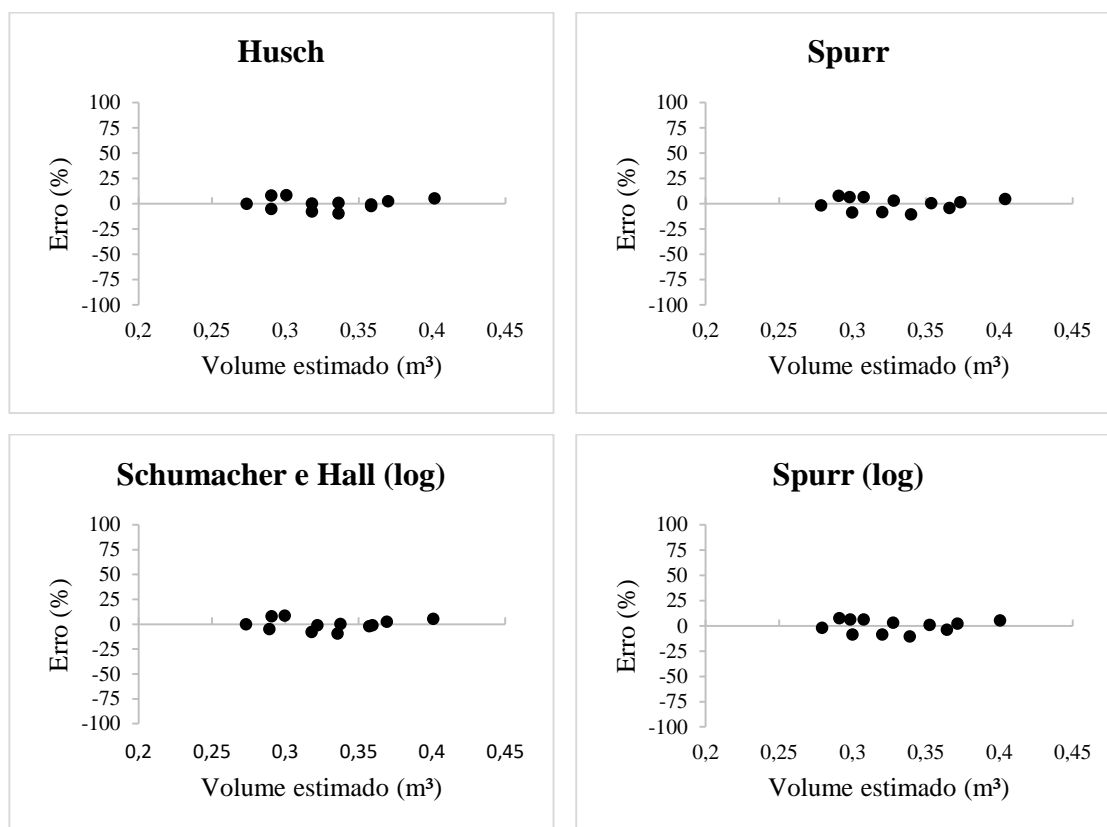


Figura 8- Representação gráfica dos resíduos em função do volume estimado, para árvores sob elevação de 814m.

A distribuição gráfica mostrou que os modelos Schumacher & Hall (log) e Husch apresentaram tendência voltada a maior representatividade. Embora a presença de tais peculiaridades, todos os modelos apresentaram distribuição similar, com erros distribuídos entre todos os volumes, próximo à linha de zero.

Após análise gráfica e aferição das estatísticas de precisão dos modelos (**Tabela 10**), pode-se constatar a melhor adequação do modelo de Schumacher & Hall (log), que apresentou distribuição gráfica e valores de Sxy% e R^2 aj., levemente superiores aos modelos de Husch, Surr e Spurr (log).

Quanto a validade do modelo o teste Qui-quadrado (χ^2) reportou não diferença estatística entre volume real e volumes estimado por Schumacher & Hall (log). ($\chi^2_{\text{calc}} = 0,0454$; $\chi^2_{\text{tab}} = 0,207$).

6.1.4 Ajuste de modelos volumétricos para aferição de volume sob elevação de 817m

Foram ajustados quatro modelos para estimativa do volume (com casca) na elevação de 817 m, a **Tabela 11** apresenta as equações resultantes dos ajustes.

Tabela 11- Parâmetros da estimativa da equações, ajustada para elevação de 817m.

Autor	Modelo
Husch	$LnV = -6,02532 + 1,6229Lndap$
Spurr	$V = 0,113373 + 2,13 * 10^{-5}ht$
Schumacher & Hall (log)	$LnV = -6,68171 + 1,45216Lndap + 0,37048Lnht$
Spurr (log)	$LnV = -7,10478 + 0,649748Ln(dap^2ht)$

Em que: V = volume (m³); dap = diâmetro a altura do peito (cm); ht = altura total (m); β 's - parâmetros a serem estimados; Ln - logaritmo neperiano.

A **Tabela 12** apresenta os valores referentes aos erros padrões da estimativa (Sxy%), coeficiente de determinação ajustado (R² aj.) e coeficiente de variação (CV%), medidas utilizadas como caracteres decisórios para determinação do melhor modelo.

Tabela 12- Medidas de precisão dos modelos ajustados para elevação de 817m.

Autor	Sxy (%)	R² ajustado (%)
Husch	12,49	52,13
Spurr	12,47	52,58
Schumacher & Hall (log)	13,06	47,56
Spurr (log)	12,48	52,40

Em que: Sxy = erro padrão da estimativa; R² ajustado = coeficiente de determinação ajustado; CV = coeficiente de variação.

Como relatado em literatura, o presente trabalho teve resultados similares aos apresentados por Pessoa (2014) em análise de modelos volumétricos para híbrido de *Eucalyptus*, em que os modelos testados, apresentaram valores de coeficientes de

determinação na faixa de 50% para árvores compreendidas na classe diamétrica de 18-24 cm, sendo os valores considerados baixos se comparados aos obtidos nos demais casos analisados. O modelo de Spurr apresenta leve superioridade das medidas $S_{xy}\%$ e R^2 aj., em detrimento dos demais.

A **Figura 9** apresenta a distribuição gráfica dos resíduos em função do volume estimado, para os quatro modelos ajustados, como critério integrante ao processo decisório de determinação do modelo.

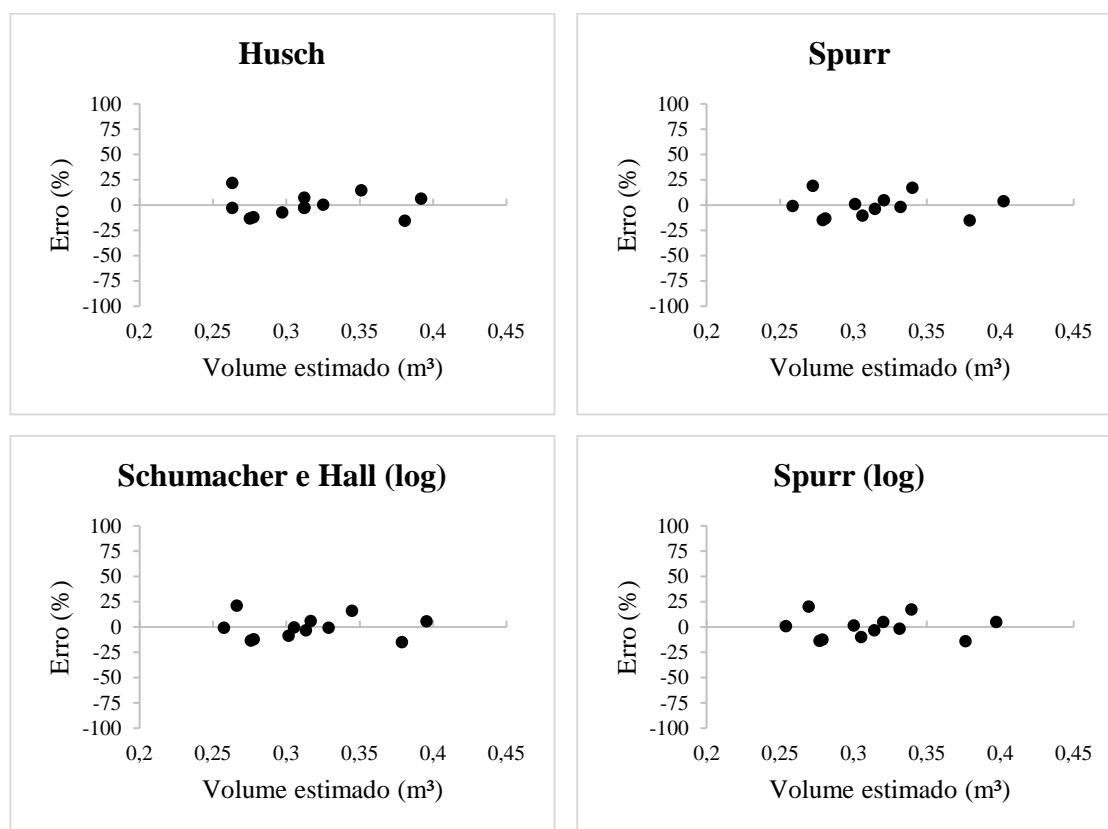


Figura 9- Representação gráfica dos resíduos em função do volume estimado, para árvores sob elevação de 817m.

Os gráficos representados na **Figura 9** mostraram uma tendência à subestimativa dos valores compreendidos nos volumes de 0,25-0,3 m³. Contudo todos os modelos ajustados reportaram distribuição gráfica dos resíduos similar, não sendo viável detectar a superioridade de determinado modelo em função dos gráficos de resíduos.

A análise das estatísticas de ajuste e precisão, gráficos residuais e parâmetros da equação, permitiu determinar a melhor adequação do modelo de Spurr, devido a superioridade das estatísticas $S_{xy}\%$ e R^2 aj. apresentados pelo modelo. Machado et al. (2002) ressalta a extrema importância do coeficiente de determinação ajustada (R^2 aj.)

para modelagem volumétrica, uma vez que expressa a variação da variável dependente que é explicada pelas variáveis independentes, sendo essa estatística crucial na escolha final do modelo.

No que concerne a validade do modelo Qui-quadrado (χ^2) reportou não diferença estatística entre os volumes ($\chi^2_{\text{calc}} = 0,1123$; $\chi^2_{\text{tab}} = 0,207$).

6.2 Diferenciação do desenvolvimento de clones de *Eucalyptus* em função da declividade do terreno

À partir dos ajustes dos modelos volumétricos para o talhão (todas as elevações conjuntamente) e cotas de 811, 814 e 817 m, foi determinado o volume por intervalo de elevação, que foi delimitado com base em carta topográfica digital do terreno. Os dados referentes aos volumes encontrados em cada faixa de elevação, com base no modelo de Spurr (log), ajustado para o talhão, são representados na **Figura 10**.

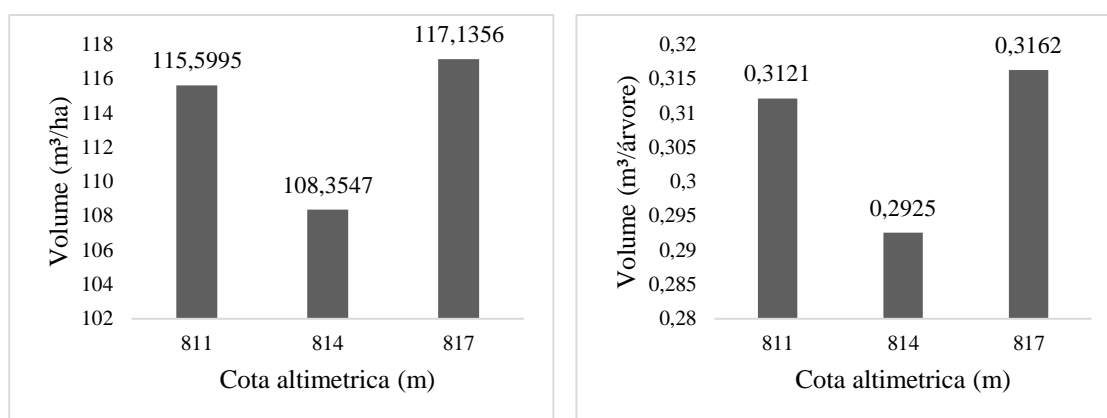


Figura 10- Volume, em m³/árvore e m³/ha, para cada elevação analisada, em detrimento do modelo de Spurr (log), ajustado para o talhão.

A **Figura 11**, apresenta estimativas de volumes individuais para cada elevação, sendo utilizados os modelos de Schumacher & Hall (log), Husch e Spurr, para as elevações de 811, 814 e 817 m, respectivamente.

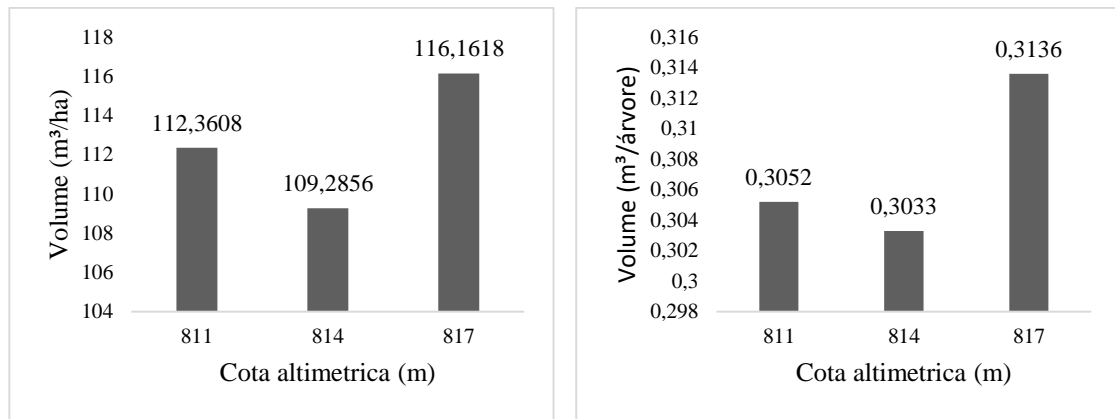


Figura 11- Volume, em m³/árvore e m³/ha, em função do ajuste de cada declividade, sendo 811, 814 e 817m, determinados pelos modelos de Shumacher & Hall (log), Husch e Spurr, respectivamente.

A análise dos gráficos mostra superioridade da produtividade na elevação superior (817 m) e a menor produtividade na elevação intermediária e inferior. Mesma conclusão foi apresentada por Caldeira et al. (2010) em análise de sítios em povoamento de *Pinus elliottii*, em que a produtividade apresentou valores superiores em curvas de níveis altas, com decaimento nas curvas inferiores.

Machado et al. (2016) em análise de declividade na produtividade de soja, obteve resultados similares aos apresentados no presente trabalho, no qual a produtividade apresentou distribuição gráfica, parabólica, com acentuada queda da produtividade em cotas altimétricas intermediárias.

Em detrimento dos ajustes individuais e geral (talhão), percebe-se a tendência do ajuste geral (ajustado para todo o talhão, sem levar em consideração variação entre elevações) de superestima dos volumes estimados para as cotas de 811 e 817 m e subestima da cota de 814 m, tal fato se deve ao acúmulo de erros agregados gerados, característica evidenciada por Pessoa (2014), em modelagem volumétrica de híbridos de *Eucalyptus*.

Na **Tabela 13** estão os resultados do teste de Tukey a 5% de significância comparando-se as médias de produtividade, em detrimento da modelagem geral.

Tabela 13- Teste Tukey para as diferentes elevações, em detrimento do ajuste geral.

Elevação (m)	Médias
811	0,3162 a
814	0,2925 b
817	0,3121 a

Médias seguidas com a mesma letra não se diferenciam significativamente a nível de 5 %.

A **Tabela 14** apresenta os resultados do teste de Tukey a 5% de significância comparando-se as médias de produtividade, em função da modelagem individual.

Tabela 14- Teste Tukey para diferentes cotas, em função do ajuste individual.

Elevação (m)	Médias
811	0,3052 a
814	0,3033 b
817	0,3136 a

Médias seguidas com a mesma letra não se diferenciam significativamente a nível de 5 %.

Para modelagem geral, é perceptível com base na **Tabela 13**, a diferença estatística dos valores de produtividade obtido na cota altimétrica de 814 m. As cotas de 811 m e 817 m não apresentaram diferença estatística entre si, resultado análogo ao apresentado na **Tabela 14** (modelagem individual).

6.3 Variação das características dendrométricas de brotações em função do regime de talhadia e da declividade do terreno

Através da amostragem das brotações, realizada mediante processo de mensuração direta, das variáveis diâmetro a altura da base (DAB) e altura total (Ht), das brotações de maior representatividade da cepa, foi plotado graficamente a variação das características dendrométricas (DAB e Ht), em função da elevação, para os clones de *E. urograndis* e *E. urophylla* (**Figura 13**).

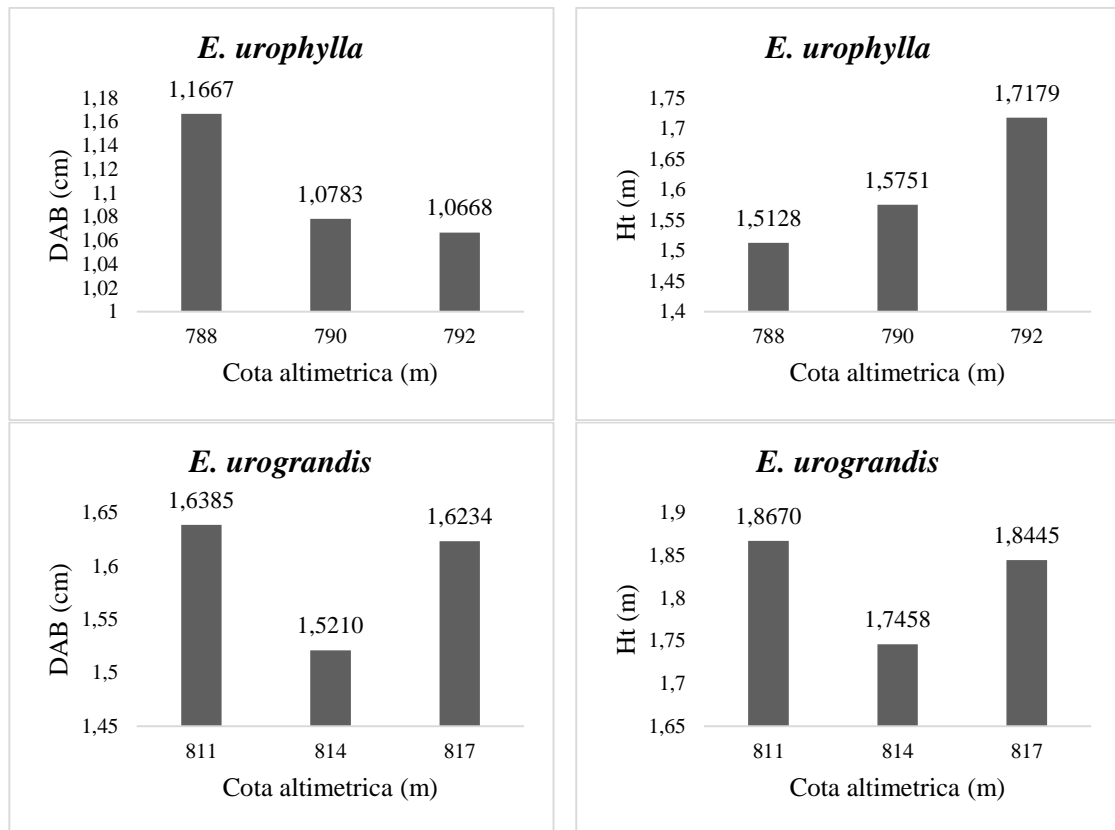


Figura 12- Comportamento de diâmetros a altura da base (DAB) e alturas (Ht), em função da elevação do terreno.

Após análise gráfica (**Figura 12**), pode-se perceber em relação aos clones de *Eucalyptus urophylla*, a tendência de decaimento do diâmetro a altura da base (DAB), em função do aumento da cota altimétrica, tendência contrária a apresentada pela variável altura total (Ht), que tende a aumentar em função da elevação das cotas. No que tange o comportamento das variáveis dendrométricas dos clones de *Eucalyptus urograndis*, tem se resultado análogo ao apresentado pela volumetria analisada nos tópicos anteriores, com acentuado decaimento da cota intermediária, o que remete a tendência já constatada por Machado et al. (2016).

Em detrimento dos valores obtidos para as duas espécies, observa-se superioridade do *E. urograndis* nas dimensões das variáveis diâmetro a altura da base (DAB) e altura total (Ht), esta ligeira superioridade foi vista em trabalho realizado por Baldrati (2015), ao comparar crescimento de espécies de *Eucalyptus*, na região de Jaguariaíva, estado do Paraná. Tal diferença entre as espécies, pode ser correlacionada a variação no intervalo de elevação entre as mesmas. Chagas et al. (2013) em estudo de atributos topográficos na diferenciação de argissolos, aponta a tendência dos solos em formar gradientes, de fertilidade, locais em função do relevo, fato que gera diferenciação na fisiologia das espécies. Cabe ressaltar ainda a influência da prática de talhadia na

diferenciação das espécies, uma vez que a mesma proporciona acelerado crescimento inicial das brotações, o que pode acarretar em acentuadas variações nas características dendrométricas até sua estabilização (Cacau et al., 2008; Oliveira, 2014).

A **Tabela 15** apresenta os resultados do Teste Tukey, a 5% de significância, para as variáveis, diâmetro a altura da base (DAB) e altura total (Ht), para os clones de *E. urophylla* e *E. urograndis*.

Tabela 15- Teste Tukey das variáveis, DAB e Ht para diferentes elevações, referentes a primeira amostra.

Elevação (m)	<i>Eucalyptus urophylla</i>	
	Médias DAB (cm)	Médias Ht (m)
788	1,1667 a	1,5128 a
790	1,0783 a	1,5751 a
792	1,0668 a	1,7191 a
Elevação (m)	<i>Eucalyptus urograndis</i>	
	Médias DAB (cm)	Médias Ht (m)
811	1,6385 a	1,8670 a
814	1,5210 a	1,7458 b
817	1,6234 b	1,8445 c

Médias seguidas com a mesma letra não se diferenciam significativamente a nível de 5 %.

O teste reportou não diferença estatística para as variáveis, altura (Ht) e diâmetro (DAB) avaliadas para as três diferentes elevações, referentes ao *E. urophylla*. Quanto ao *E. urograndis*, foi constatada diferença estatística para a variável diâmetro, na maior elevação e para a variável altura em todas as elevações analisadas.

7 CONCLUSÃO

- Ao se utilizar modelos de simples e dupla entrada, Spurr (log) apresentou melhores estimativas, sendo o recomendável para o talhão;
- Quanto a modelagem por elevação individual os modelos de Schumacher & Hall (log), Husch e Spurr, apresentaram melhores estimativas;
- A separação das árvores em cotas altimétricas para geração dos parâmetros e obtenção de volume total mostrou-se mais eficaz, visto que houve melhor adequação dos modelos

para as cotas de 811 e 814 m, sendo as estatísticas referentes a cota de 817 m levemente inferiores as apresentadas ao nível de talhão;

- Para os indivíduos arbóreos de *Eucalyptus urograndis*, analisados aos 5,5 anos de idade, tem-se ganho de produtividade (volume), nas árvores implementadas sob maior altitude;

- Os clones de *Eucalyptus urograndis*, implantados na cota de 814 m apresentaram os menores volumes do talhão;

- Nas brotações, o clone *Eucalyptus urograndis* teve menor desenvolvimento das variáveis, DAB e Ht, em cota intermediária. Já o clone de *E. urophylla* não diferenciou estatisticamente nas variáveis (DAB e Ht) em função da cota.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ASSIS, T. F.; ABAD, J. I. M.; AGUIAR, A. M. **Melhoramento Genético do Eucalipto**, cap. 7, p. 225-247, 2015.

AZEVEDO, T. L. **Ajuste de equações hipsométricas e volumétricas para um povoamento de *Eucalyptus* sp, localizado na floresta nacional do Ibura, Sergipe**. 2009. 49 f. Monografia (Departamento de Ciências Florestais), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2009.

BALDRATI, A. C. M. **Estudo comparativo do crescimento de quatro espécies de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) na região de Jaguariaíva/PR**. 2015. 38P. Monografia (Pós graduação em Gestão Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

BARRETO, W. F.; LEÃO, F. M.; MENEZES, M. C.; SOUZA, D. V. Equação de volume para apoio ao manejo comunitário de empreendimento florestal em Anapu, Pará. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 00-00, out./dez. 2014.

BARROS, N. F.; TEIXEIRA, P. C.; TEIXEIRA, J. L. Nutrição e produtividade de povoamentos de eucalipto manejados por talhadia. **Série Técnica – IPEF**, v.11, n.30, p. 79-88, 1997.

BERNADINO, F. S. **Sistema silvipastoril com eucalipto: produtividade do sub-bosque e desempenho de novilhos sob fertilização nitrogenada e potássica.** 2007. (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

BLAKE, T.J. Coppice systems for short-rotation intensive forestry: the influence of cultural, seasonal and plant factors. **Australian Forest Research**, v.3, p.279-291, 1983.

BRAGA, J. L. P. **Estabilidade fenotípica de clone de *Eucalyptus urograndis*, na fazenda Bom Jardim – Aparecida, SP.** 2008. 27p. Monografia (Engenheiro Florestal), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Campus Serópedica, Rio de Janeiro, 2008.

BRITO, J. O. Expressão da produção florestal em unidades energéticas. In: Congresso Florestal Brasileiro; Congresso Florestal Panamericano, **Anais...** Curitiba, 1993. p. 280-282.

CACAU, F. V.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; LEITE, H. G.; ALVES, F. F., SOUZA, F. C. Decepa de plantas jovens de eucalipto e manejo de brotações, em um sistema agroflorestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília – DF, V.43, p. 11457-1465, 2008.

CALDEIRA, M. V. W.; TONINI, H.; HOPPE, J. M.; WATZLAWICK, L. F.; SELLE G. L. DEFINIÇÃO DE SÍTIOS EM POVOAMENTOS DE *Pinus elliottii* Engelm. NA REGIÃO DE ENCRUZILHADA DO SUL, RS. **Ciência Florestal**, v.6, n.1, p. 1-13, Santa Maria, 2010.

CERDEIRA, A. L. N. **Modelos para quantificação do volume de diferentes sortimentos em plantio de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*.** 2012. 66p. Monografia (Engenheira Florestal), Universidade de Brasília (UnB), Campus Darcy Ribeiro, Brasília, 2012.

CHAGAS, C. S.; FONTANA, A.; JUNIOR, W. C.; CAIRES, S. M. Atributos topográficos na diferenciação de Argissolos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1441-1453, 2013.

DOSSA, D. Cultivo do eucalipto. **Embrapa Florestas, Sistemas de Produção**, n. 4, ago./2003.

FINGER, C. Medição de Árvores. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992.

FOELKEL, C. E. B. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo, **Visão Agrícola**, nº4, 2005.

FREITAG, A. S. **Crescimento de brotações de um clone de Eucalyptus urophylla x Eucalyptus grandis em função da disponibilidade de nutrientes no solo e da aplicação de fitorreguladores na cepa**. 2013. Tese (Doutorado em Silvicultura e Manejo Florestal), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

GUIMARÃES, D. P.; LEITE, H. G. Influência do número de árvores na determinação de adequação volumétrica para Eucalyptus grandis. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 50, p. 37-42, 1996.

HUSCH, B.; MILLER, C.I.; BEER, T.W. **Forest mensuration**. 3.ed. New York: J. Wiley & Sons, 1982. 402p.

IBÁ – Industria Brasileira de Árvores. **Relatório anual da IBÁ 2016**. Brasil, 2016, 100 p.

LEITE, H. G.; ANDRADE, V. C. L. Importância das variáveis altura dominante e altura total em equações hipsométricas e volumétricas. **Revista Árvore**, v.27, n.3, p.301-310, 2003.

LOPES, H. N. S. **Crescimento e produção de eucalipto submetido à desbrota, interplântio e reforma**, 2012. (Mestrado em Ciencia Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

LOUREIRO, H. L.; CURTO, R. D. A.; ROSOT, N. C.; MARANGON, G. P.; VARGAS, J. F. Ajuste de modelos volumétricos por classe diamétrica e para todas as classes em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden.

MACHADO, M. S.; FERREIRA, L. R.; NETO, S. N. O.; FERREIRA, G. L.; FONTES, D. R.; MACHADO, A. F. L. Método de controle de plantas daninhas e desrama precoce no crescimento do eucalipto em sistema silvipastoril, **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 32, n. 1, p. 133-140, 2014.

MACHADO, M. V. M.; MAGGI, M. F.; SOUZA, E. G.; CAMICIA, R. G. M.; AMARANTE, R. R. **Influência do relevo na produtividade e determinação de densidade de semeadura para soja**, Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2016.

MACHADO, S.A.; CONCEIÇÃO, M.B.; FIGUEIREDO FILHO, A. Modelagem do volume individual para diferentes idades e regimes de desbaste em plantações de *Pinus oocarpa*. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. V. 4, n. 2, p 41- 50, Guarapuava, 2002.

MAGALHAES, W. M. et al. Desempenho silvicultural de clones e espécies/procedências de *Eucalyptus* na região noroeste de Minas Gerais. **Cerne**, v. 13, n. 4, p. 368)375, 2007.

MIGUEL, E. P. **Desenvolvimento de equações hipsométricas e volumétrica para estimar o volume total e comercial de *Eucalyptus urophylla* na região norte do estado de Goiás**. 2009. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação). Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2009.

MIGUEL, E. P.; CANZI, L. F.; RUFINO, R. F.; SANTOS, G. A. ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de *Eucalyptus grandis* localizados no município de Rio Verde – GO. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.11, 2010.

MIGUEL, E. P.; LEAL, F. A. SELEÇÃO DE EQUAÇÕES VOLUMÉTRICAS PARA A PREDIÇÃO DO VOLUME TOTAL DE *Eucalyptus urophylla* S. T. BLAKE NA

REGIÃO NORTE DO ESTADO DE GOIÁS. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 1372-1386, 2012.

MIRANDA, D. L. C.; JUNIOR, V. B.; GOUVEIA, D. M. Fator de forma e equações de volume par estimativa volumétrica de árvores em plantio de *Eucalyptus urograndis*. **SCIENTIA PLENA**, vol. 11, num. 03, 2015.

MORI, E. S.; **Melhoramento genético florestal: ousadia e sucesso**. Revista Opiniões. Ribeirão Preto, SP, 2006.

MOTTA, D.; SILVA, W. F.; DINIZ, E. N. **Rentabilidade na produção de eucalipto**. VII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2010.

MUÑOZ, J. D.; STEIBEL, J. P.; SNAPP, S.; KRAVCHENKO, A. N. Cover crop effect on corn growth and yield as influenced by topography. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 189, p. 229-239, 2014.

OLIVEIRA, C. H. R. de et al. Área foliar e biomassa de plantas intactas e de brotações de plantas jovens de clone de eucalipto em sistemas agrossilvipastoris. **Revista árvore**, v.32, p.59-68, 2008.

OLIVEIRA, C. H. R. **Decepa de plantas jovens de clone de eucalipto e condução da brotação em um sistema agroflorestal**. 2006. (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

OLIVEIRA, C. H. R. **Produção de eucalipto em alto fuste e talhadia e de braquiária em sistemas sivopastoris com diferentes arranjos espaciais**, 2014. (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L.; VENTURIN, N.; BOTELHO, S. A.; HIGASHIKAWA, E. M.; MAGALHÃES, W. N. **Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais**, Cerne, Lavras, v. 13, n. 1, p. 40-50, jan./mar. 2007.

PESSOA, B. O. **Modelagem volumétrica por classe de diâmetro para um híbrido de eucalipto na Amazônia brasileira**. 2014. 38P. Monografia (Engenharia Florestal), Universidade Federal do Pará, Campus Altamira, Pará, 2014.

REINER, D. A.; SILVEIRA, E. R.; SZABO, M. S. O uso do eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimento da pequena propriedade na região sudoeste do Paraná. **Synergismus scyentifica UTFPR**, 06 (1), Pato Branco, 2011.

RIBAS, C. L. **Estratégia econômica da reforma de povoamentos de *Pinus spp.***1989. (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1989.

RIBASKI, J.; RADOMSKI, M. I.; RIBASKI, S. A. G. **Potencialidade dos sistemas silvipastoris para a produção animal sustentável no Brasil**. In: II CONGRESO COLOMBIANO Y 1er Seminario internacional de silvopastoreo, 2012, medellin. ii congreso colombiano y 1er seminario internacional de silvopastoreo. Medellin, 2012.

RODRIGUEZ, L. C. E. Um critério de decisão para reforma ou condução de eucaliptais que considera a distância de transporte, **SÉRIE TÉCNICA IPEF**, v. 11, n. 30, p. 47-50, mai., 1997.

ROLIM, S. G.; COUTO, H. T. Z.; JESUS, R. M.; FRANÇA, J. T. Modelos volumétricos para a Floresta Nacional do Tapirapé-Aquirí, Serra dos Carajás (PA). **Acta Amazônica**, Amazônia, v. 36, p.107-114, 2006.

ROSADO, C. C. G. **Hibridação e clonagem como ferramentas no melhoramento genético do eucalipto**. Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós Graduação em Melhoramento Genético, **2008**.

SANTOS, T. S.; MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; ROSOT, N. C. Equações de volume e relação hipsométrica para plantio de *Ocotea porosa*. **Pesq. flor. bras.**, Colombo, v.32, n.69, p. 13-21, 2012.

SCOLFORO, J. R. S.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Biometria florestal: mediação e volumetria de arvores florestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998, 310p.

SCOLFORO, J.R.S. **Técnica de regressão aplicada para estimar: volume, biomassa, relação hipsométrica e múltiplos produtos da madeira.** Lavras: UFLA/ FAEPE, 1997. 292p.

SILVA, M. L. M.; BINOTI, D. H. B.; GLERIANI, J. M.; LEITE, H. G. Ajuste do modelo de Schumacher e Hall e aplicação de redes neurais artificiais para estimar volume de árvores de eucalipto. **R. Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.6, p.1133-1139, 2009.

SILVEIRA, D. P.; LEITE, H. G.; SILVEIRA, V. P.; MELIDO, R. C. N. Classificação de árvores de eucalipto para postes em Sistema Agroflorestal, **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.4, p.875-882, 2011.

SOARES, A.B. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.443-451, 2009.

SOUZA, A. N.; OLIVEIRA, A. D.; REZENDE, J. L. P. Estudo do momento ótimo de reforma para povoamentos de *Eucalyptus* spp – O caso da redução dos custos, **Ciência Florestal**, v. 12, n. 1, p. 123-133, Santa Maria, 2002.

VIANA, M.B.; **O eucalipto e os efeitos ambientais do seu plantio em escala.** Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. Brasília, 2004.

WHITE, R.H. Effect of lignin content and extratives on the higher heating value of wood. **Wood and fiber science**, v.79, n.4, p.446-452, 1987.

XAVIER, A.; SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomia Costarricense**, San Pedro de Montes, v.34, n.1, 2010.

ZHU, Q.; SCHMIDT, J. P.; BRYANT, R. B. Maize (*Zea mays* L.) yield response to nitrogen as influenced by spacio-temporal variations of soil-water-topography dynamics. **Soil and Tillage Research**, v. 146, p. 174-183, 2015.