

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

JONATAS CARLOS DA SILVA

ESTIMATIVA DE BIOMASSA EM POVOAMENTO CLONAL DE *Eucalyptus*
SOB O MANEJO DE TALHADIA AOS 36 MESES DE IDADE

RECIFE – PE

2023

JONATAS CARLOS DA SILVA

**ESTIMATIVA DE BIOMASSA EM POVOAMENTO CLONAL DE *Eucalyptus*
SOB O MANEJO DE TALHADIA AOS 36 MESES DE IDADE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso em Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito para o título de Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof.^a Dra. Rute Berger

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Eiji Hakamada

RECIFE – PE

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

J76Silvae Silva, Jonatas Carlos da
Estimativa de Biomassa em Povoamento Clonal de Eucalyptus Sob o Manejo de Talhadia aos 36 Meses de Idade /
Jonatas Carlos da Silva. - 2023.
34 f. : il.

Orientadora: Rute Berger.
Coorientador: Rodrigo Eiji Hakamada.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em
Engenharia Florestal, Recife, 2023.

1. Brotação. 2. Modelagem. 3. Plantações Florestais. I. Berger, Rute, orient. II. Hakamada, Rodrigo Eiji, coorient. III.
Título

CDD 634.9

JONATAS CARLOS DA SILVA

**ESTIMATIVA DE BIOMASSA EM POVOAMENTO CLONAL DE *Eucalyptus*
SOB O MANEJO DE TALHADIA AOS 36 MESES DE IDADE**

Aprovado em: 24 abril de 2023

BANCA EXAMINADORA

Dr. Richeliel Albert Rodrigues Silva
Departamento de Ciência Florestal/UFRPE

Ms. Alex Nascimento de Sousa
Departamento de Ciência Florestal/UFRPE

Profa. Dra. Rute Berger
Departamento de Ciência Florestal/UFRPE

Prof. Dr. Rodrigo Eiji Hakamada
Departamento de Ciência Florestal/UFRPE

RECIFE – PE

2023

Aos meus pais, por estarem sempre lutando
e vencendo ao meu lado.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, pela dádiva da vida e por estar sempre guiando os meus passos.

A minha esposa, o que dizer de você, Lore, quem diria que a universidade iria nos unir de uma forma tão mágica, e olha onde estamos, casados e agradecendo um ao outro no TCC.

Aos meus pais, por terem a difícil missão de saírem da pacata cidade de Barreiros para me apoiarem nessa missão, além de todo carinho, cuidado e conselhos que deram nessa jornada.

A minha irmã, e meus sobrinhos por serem peças chaves na minha vida e exemplificarem o que é o amor, carinho e boas risadas, estendo isso para todos os meus familiares.

Aos meus sogros por todo apoio e carinho que ficarão marcados pelo resto da minha vida.

Ao Grupo de Práticas Florestais (GPFlor) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade de ser um dos fundadores e de poder melhorar a cada dia comigo mesmo e com os outros colegas.

A Sylvamo, pela colaboração e apoio, especialmente aos profissionais Pedro Pimenta e ao Thiago Oliveira.

Ao Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais pela oportunidade de fazer parte dessa organização que é referência na Engenharia Florestal.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Departamento de Ciência Florestal em nome de todos os professores e técnicos, com os quais eu tive o prazer de conviver.

A minha querida turma, em especial a Renata Barbosa, inclusive madrinha do meu casamento, a Kamilo Alaboodi e Israel Vicente por compor a nossa Turma do Uber nos nossos 22 quilômetros diários, a Thiago Olímpio, Ana Clara, Elyenay Bandeira, Lucas Paz, Marcos Dias, Irlan Campelo, Loghan Moreira, Gustavo Andrade, Ursula Neves, Priscila Barreto, Joseph Soares, Axcel Raphael, Gustavo Vieira, João Victor e Laís

Deosdede, por todos os momentos felizes e de provas, que ficarão nas lembranças boas de todos, sempre há um bom momento pra tirar uma boa risada.

A Clarice, pela vivência inesquecível, de muito aprendizado, bolo e café, pessoa muito importante na formação de muita gente e em especial da galera do GPFlor.

A minha orientadora Rute Berger, por todo apoio, paciência e conhecimentos transmitidos ao longo de toda a graduação.

Ao meu coorientador Rodrigo Eiji Hakamada, por ser essa pessoa inspiradora, que consegue promover nas pessoas a sensação de sempre poder mais, de chegar mais longe, além de todos os conhecimentos transmitidos nessa jornada.

A todos que de alguma maneira fizeram parte dessa história.

Muito obrigado!

“... Tudo é possível àquele que crê.”

Marcos 9:23

RESUMO

Estudos sobre a quantificação de biomassa individual de fustes são fundamentais para determinar a produtividade de florestas plantadas, facilitando o manejo florestal e o planejamento das atividades florestais, especialmente em sistemas de talhadia, que podem reduzir custos em até 60% em comparação com o manejo sob alto fuste. O objetivo deste estudo é estabelecer os melhores modelos estatísticos para estimar a produção de biomassa da parte aérea e do lenho, além de questionar o uso de equações gerais e de rotação anterior para clones de *Eucalyptus*. A pesquisa foi realizada em Mogi Guaçu-SP. A biomassa foi coletada a partir da análise destrutiva dos clones, com 0,3 kg de folhas coletadas de cada terço da copa e galhos, e discos retirados no DAP (0%, 25%, 50%, 75% e 100% com diâmetro de 5 cm) do fuste, com base na altura total da árvore. No campo, todos os compartimentos aéreos foram pesados separadamente para obtenção do peso úmido total, enquanto no laboratório, cada compartimento foi secado em estufa de ventilação forçada a 65°C para obtenção do peso seco. Por meio da análise de regressão, foram obtidas equações ajustadas, utilizando a biomassa total e de lenho (B_i) como variável dependente e o DAP e a altura total (H) das árvores como variáveis independentes. O modelo de Schumacher-Hall apresentou o melhor ajuste para todos os clones, com o maior R^2 ajustado e os menores erros padrão da estimativa. A partir desse modelo, foi ajustada uma equação geral para a biomassa de lenho dos clones no sítio, porém, as equações individuais de cada clone apresentaram maior precisão nas estimativas de biomassa individual. A equação ajustada na primeira rotação do povoamento superestimou em 22% a biomassa individual de três clones e apresentou maior dispersão em clones com menor sobrevivência. Com base nos resultados obtidos, as equações individuais de estimativa de biomassa devem ser ajustadas levando em conta o sistema silvicultural e os genótipos.

Palavras-chave: Brotação; Modelagem; Plantações Florestais.

ABSTRACT

Studies on the quantification of individual stem biomass are fundamental to determining the productivity of planted forests, facilitating forest management and planning activities, especially in coppice systems, which can reduce costs by up to 60% compared to high forest management. The aim of this study is to establish the best statistical models for estimating aboveground and wood biomass production, as well as questioning the use of general equations and previous rotation for *Eucalyptus* clones. The research was carried out in Mogi Guaçu-SP. Biomass was collected from the destructive analysis of clones, with 0.3 kg of leaves collected from each third of the canopy and branches, and discs removed at DBH (0%, 25%, 50%, 75%, and 100% with a diameter of 5 cm) of the stem, based on the total height of the tree. In the field, all aboveground compartments were weighed separately to obtain the total wet weight, while in the laboratory, each compartment was dried in a forced ventilation oven at 65°C to obtain the dry weight. Through regression analysis, adjusted equations were obtained, using total biomass and wood biomass (B_i) as the dependent variable and DBH and total height (H) of the trees as the independent variables. The Schumacher-Hall model showed the best fit for all clones, with the highest adjusted R^2 and the smallest standard errors of estimate. Based on this model, a general equation for wood biomass of clones on the site was adjusted, however, individual equations for each clone showed higher precision in individual biomass estimates. The adjusted equation in the first rotation of the stand overestimated the individual biomass of three clones by 22% and showed greater dispersion in clones with lower survival. Based on the results obtained, individual biomass estimation equations should be adjusted taking into account the silvicultural system and genotypes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização do município de Mogi Guaçu no estado de São Paulo.....	3
Figura 2. Produção de biomassa da parte aérea aos 36 meses de idade entre os diferentes clones, no município de Mogi Guaçu-SP.	9
Figura 3. Produção de biomassa de lenho aos 36 meses de idade entre os diferentes clones, no município de Mogi Guaçu-SP.	10
Figura 4. Distribuição da biomassa individual de fustes para equações ajustadas para cada clone e para biomassa geral de todos os clones.....	11
Figura 5. Estimativa da produção de biomassa de lenho e incremento médio anual dos diferentes genótipos para equações ajustadas em primeira e segunda rotação.....	14
Figura 6. Relação da estimativa de biomassa de fuste obtida através de equações ajustadas em duas rotações.....	15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Modelos matemáticos das equações de regressão para estimativa da biomassa seca de três clones em povoamento florestal, no município de Mogi Guaçu-SP.....	5
Tabela 2. Equações ajustadas para biomassa da parte aérea dos diferentes clones, no município de Mogi Guaçu-SP.	6
Tabela 3. Equações ajustadas para biomassa seca do lenho dos diferentes clones, no município de Mogi Guaçu-SP.	7
Tabela 4. Teste T pareado para biomassa individual de fuste obtidas pelo ajuste de equações para cada clone e para todos os clones.....	12
Tabela 5. Equações ajustadas para biomassa de lenho na primeira rotação no modelo de Schumacher-Hall.	13
Tabela 6. Teste T pareado para biomassa individual de fuste obtidos em duas rotações ajustadas em rotações diferentes.....	16

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DAP – Diâmetro à Altura do Peito

FTE – *Fritted trace elements*

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores

IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais

PSA – Peso seco da amostra

PUA – Peso úmido da amostra

PUC – Peso úmido total

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	OBJETIVOS	2
1.1.1	Geral	2
1.1.2	Específicos	2
2	MATERIAL E MÉTODOS	2
2.1	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	2
2.2	COLETA DE DADOS DA BIOMASSA.....	4
2.3	AJUSTE DAS EQUAÇÕES DE BIOMASSA	4
2.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	6
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	6
3.1	ESTIMATIVA DE BIOMASSA NO REGIME DE TALHADIA	6
3.2	EQUAÇÃO GERAL PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA DO LENHO.....	11
3.2.1	Equação geral de biomassa de lenho no regime de talhadia	11
3.2.2	O uso de equações ajustadas na primeira rotação aplicadas no regime de talhadia	12
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
	REFERÊNCIAS	17

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a presença do gênero *Eucalyptus* já é bastante conhecida pela população em geral, em decorrência da sua expansão no país. De acordo com o relatório divulgado pela Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ) em 2021, as florestas plantadas atingiram uma área de 9,55 milhões de hectares em 2020, tendo um importante papel na economia nacional, sendo uma das 30 maiores contribuições para o Produto Interno Bruto (PIB). Segundo Souza (2021), o Brasil é reconhecido mundialmente pela alta produtividade dos plantios florestais, o que se deve, em grande parte, à abundância de terras agricultáveis, excelentes condições de solo e clima favoráveis, além de incentivos da indústria e dos institutos florestais. Em virtude dessa alta produtividade, as biomassas florestais de eucalipto e pinus são as mais destacadas no mercado (TOLMASQUIM, 2016).

Estudos sobre quantificação de biomassa da parte aérea são importantes para determinar a produtividade em povoamentos florestais. Guedes et al. (2001), afirmam que a biomassa é um indicador de produtividade, e a sua avaliação é fundamental para o manejo e o planejamento de atividades florestais. Para a quantificação de biomassa em determinada área podem ser utilizados os métodos diretos, que consiste na pesagem total dos componentes da área e o método indireto. Segundo Somogyi et al. (2007), quando realizado o método indireto são correlacionadas a altura total, o diâmetro à altura do peito e/ou volume, com o auxílio de equações alométricas, que são obtidas através de modelos matemáticos provindos de análises de regressão e são amplamente utilizados para estimar a biomassa florestal de determinada área. De acordo com Brown et al. (1989), os métodos diretos para coleta de dados são controversos e requerem muito trabalho. Por isso, o pesquisador muitas vezes opta por escolher áreas que considera mais representativas, o que pode levar à seleção de locais mais densos, homogêneos e com condições favoráveis para o trabalho.

A escolha da melhor equação deve ser baseada em critérios estatísticos, como o maior coeficiente de determinação (R^2), menor erro padrão da estimativa (S_{yx}), percebe-se a importância de aplicação de métodos que possibilitem a geração de estimativas confiáveis da biomassa, no intuito de gerar informações que possam ser empregados com vistas ao fornecimento de matéria-prima para a indústria (BARBEIRO; VIEIRA; SANQUETTA, 2009). Outrossim, importantes finalidades podem ser destacadas com a quantificação da biomassa como a geração de energia, ciclagem de nutrientes, mercado

de carbono, além de sua importância como base de informações para tomada de decisões no manejo dos recursos florestais (SILVEIRA et al. 2010).

Existem diversas equações que são utilizadas para modelar a biomassa, no entanto, equações que apresentam bons parâmetros estatísticos em um determinado contexto podem não ser adequadas para outras espécies florestais e condições locais. Por isso, é recomendado que sejam testadas para cada situação específica, conforme apontado por Thomas et al. (2006). Embora seja desejável ter uma única equação para estimar a biomassa de todas as plantas, com o objetivo de otimizar as operações florestais e reduzir os custos, ainda é necessário utilizar equações regionais que considerem as diferenças entre espécies, espaçamentos, idades e regimes de corte, conforme defendido por Campos e Leite (2013). Dessa maneira, é possível obter resultados mais precisos e confiáveis para cada situação específica.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Estimar a produção de biomassa de quatro clones de *Eucalyptus*, avaliados aos três anos de idade, e selecionar modelos estatísticos para estimar a produção de biomassa da parte aérea e de lenho das árvores, fornecendo subsídios para um melhor conhecimento de povoamentos manejados em regime de talhadia.

1.1.2 Específicos

- Ajustar equações de biomassa para a estimativa do estoque de biomassa total e lenho dos clones A1, C3, E5 e G7 aos três anos de idade manejados no sistema de talhadia;
- Selecionar o melhor modelo para estimação da biomassa dos clones;
- Comparar o uso de equações gerais e de rotação anterior na estimativa de biomassa de fuste.

2 MATERIAL E MÉTODOS

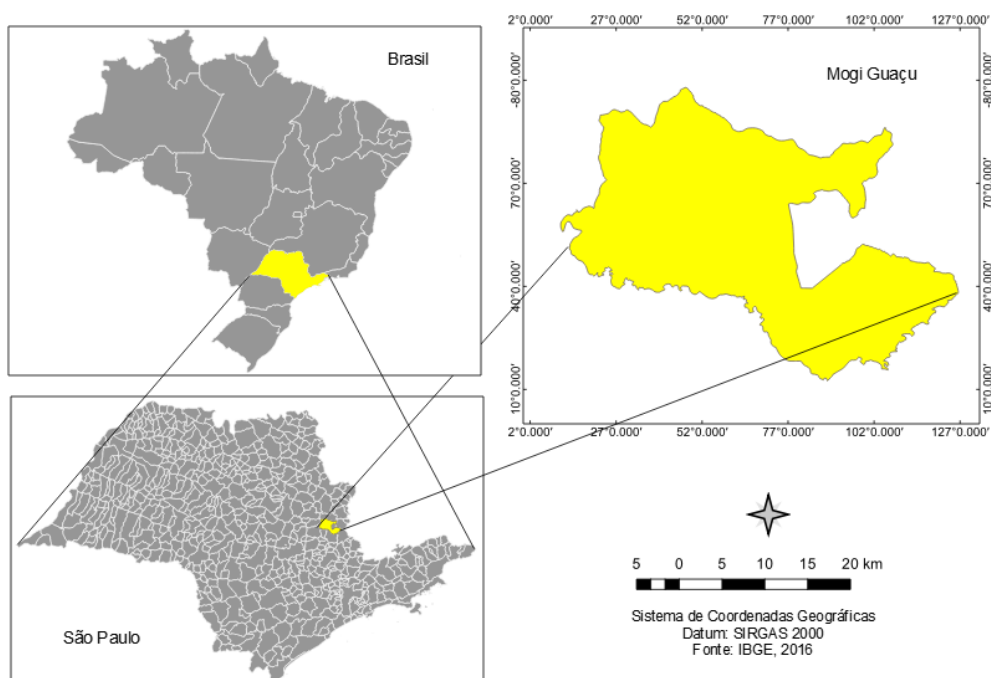
2.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no município de Mogi Guaçu (22°20'58"S, 46°58'16"W) localizado no nordeste do estado de São Paulo (Figura 1), com altitude média de 660 metros em relação ao nível do mar. O experimento pertence ao Programa Cooperativo

sobre Produtividade da Brotação de Clones de Eucalipto (Pcoppice) da rede cooperativa de experimentos entre instituições e coordenado pelo Instituto de Pesquisas Florestais (IPEF).

O solo da área é um Latossolo Vermelho-amarelo Distrófico, o clima da região é caracterizado como mesotérmico do tipo Cwa de acordo com a classificação de Koppen (ALVARES, 2013). A temperatura média anual de 22°C, com mínima de 16° C e máxima de 30°C, a precipitação média anual da área é de 1200 mm, com chuvas concentradas no verão (outubro a março).

Figura 1. Mapa de localização do município de Mogi Guaçu no estado de São Paulo.



Para cada clone, as parcelas da rede experimental na primeira rotação foram dispostas no espaçamento 3 x 3 m, com 80 árvores, totalizando parcelas com área de 720 m². Na segunda rotação foram conduzidos de 1 a 2 brotos na ocorrência de falhas de cepas vizinhas, sendo uma altura de corte das cepas entre 10 e 15 cm.

Foi realizada a adubação com 70 kg N ha⁻¹, 110 kg P ha⁻¹, e 160 kg K ha⁻¹ e uso de *fritted trace elements* (FTE) para suplementação com micronutrientes. Desde o plantio foram realizados os controles de pragas, doenças e matocompetição, sendo utilizada isca composta por 0,3% de sulfluramida para o controle de formigas cortadeiras e glifosato na dose de 2,88 kg ha⁻¹ para controle do mato competição.

2.2 COLETA DE DADOS DA BIOMASSA

Os dados de biomassa foram coletados a partir do mês de setembro de 2022, realizando a análise destrutiva dos clones A1, C3, E5 e G7 aos 36 meses de idade, divididos em 5 classes de área seccional, totalizando 5 árvores amostra por genótipo.

Após a derrubada das árvores foi obtido o comprimento total da árvore e da copa, divididas em 3 partes iguais (inferior, média e superior). Foram coletados 0,3 kg de folhas de cada parte e de galho de todas as partes para determinação do teor de umidade e obtenção do peso seco. Para o fuste foram retirados discos (lenho + casca) com 3 cm de espessura no DAP (Diâmetro à Altura do Peito), 0%, 25%, 50%, 75% e 100% (diâmetro de 5 cm), com base na altura total da árvore. Após as coletas para determinação do teor de umidade, foram pesados separadamente todos os compartimentos aéreos das árvores (fuste, galhos e folhas) no campo para obtenção do peso úmido total (PUC).

Em laboratório, a casca foi retirada manualmente, e pesadas todas amostras coletadas de casca, lenho, galhos e folhas para determinação do peso úmido da amostra (PUA). Cada compartimento foi secado em estufa de ventilação forçada a 65°C, em diferentes períodos: Lenho (20 dias); Casca (10 dias); Galhos (10 dias) e Folhas (5 dias). Após o período de secagem, os compartimentos de cada árvore e partes da copa foram pesados para a determinação do peso seco da amostra (PSA). Com essas informações foi obtida a biomassa seca total e de lenho das árvores-amostra a partir da seguinte equação:

$$B_i = \frac{Pu(c) * Ps(a)}{Pu(a)}$$

i: é o índice que se refere à árvore;

B_i: é a biomassa de folhas, galhos, lenho ou fuste (kg);

Pu(c): Peso úmido total em campo (kg);

Ps(a): Peso seco da amostra (kg);

Pu (a): Peso úmido da amostra (kg).

2.3 AJUSTE DAS EQUAÇÕES DE BIOMASSA

Após a obtenção da biomassa total e dos diferentes compartimentos da árvore (folhas, galhos e fuste), foi realizado o ajuste das equações por meio da análise de

regressão, em que foi utilizado como variável dependente a biomassa total (B_i) e variáveis independentes, o Diâmetro a Altura do Peito (DAP) e a altura total (H) das árvores.

O presente trabalho avaliou apenas a biomassa aérea total e a biomassa seca do lenho (madeira sem casca). Contudo, as biomassas de todos os compartimentos aéreos foram obtidas para calcular a biomassa aérea total.

Foram testados quatro modelos mais usuais em literaturas Oliveira et al. (2019), Batista (2019), são exemplos de trabalhos que utilizaram esses modelos. O ajuste dos modelos tem por objetivo a obtenção de equações para estimar a biomassa seca total e biomassa de lenho (variáveis dependentes) em função de variáveis de fácil obtenção (variáveis independentes) como DAP e altura. Os modelos testados estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Modelos matemáticos das equações de regressão para estimativa da biomassa seca de três clones em povoamento florestal, no município de Mogi Guaçu-SP.

EQUAÇÃO	MODELO	AUTOR
1	$(LnBi) = \beta_0 + \beta_1. Ln(DAP) + \beta_2. Ln(H) + \varepsilon$	Schumacher-Hall
2	$(Bi) = \beta_0 + \beta_1. (DAP^2. H) + \varepsilon$	Spurr
3	$(Bi) = \beta_0 + \beta_1. DAP + \beta_2. DAP^2 + \varepsilon$	Hohenadl-Krenn
4	$(Bi) = \beta_0 + \beta_1. (DAP^2. H) + \beta_2. (DAP. H^2) + \beta_3. H^2 + \varepsilon$	Näslund

Em que: B_i = Biomassa seca total (kg); $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ = Coeficientes dos modelos; H = Altura total (m); DAP = Diâmetro à Altura do Peito (cm); Ln = Logaritmo neperiano; ε = Erro de estimativa.

A partir do modelo que apresentou o melhor ajuste das equações, foi possível estimar a biomassa de lenho individual de cada árvore utilizando uma única equação geral ajustada para a biomassa de lenho de todos os clones, além de equações ajustadas para cada clone em particular.

Para realizar uma comparação com equações ajustadas em rotações anteriores, foram selecionadas as equações ajustadas por Binkley et al. (2020), as quais foram ajustadas na primeira rotação do povoamento e podem, portanto, oferecer informações relevantes para o presente estudo. Para as equações da segunda rotação de cada clone, foi utilizado

o modelo de Schumacher-Hall, assim como na primeira rotação, e as equações ajustadas foram aplicadas nas mesmas árvores da parcela na segunda rotação.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a escolha das equações para a biomassa total e do lenho foram analisados o coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}); o erro padrão da estimativa relativo ($S_{xy\%}$), além do Teste T pareado para comparar os pares de médias na análise individual dos fustes, quando obtidas através da equação de biomassa de lenho de cada clone, da equação geral e na equação ajustada para a primeira rotação do povoamento, apresentando diferença significativa entre os resultados quando P-valor for menor que 0,05. Todos os dados foram analisados utilizando o Microsoft Excel 2016.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ESTIMATIVA DE BIOMASSA NO REGIME DE TALHADIA

Através da análise de regressão utilizando os modelos estatísticos foram ajustadas as equações para biomassa da parte aérea e de lenho. Na Tabela 2, é possível observar as equações ajustadas para biomassa aérea dos clones com R^2 ajustado variando entre 0,66 à 0,99 e o erro padrão da estimativa entre 0,26% e 25,29%, os modelos de Naslund e Hohenadl-Krenn obtiveram os piores resultados nos clones E5 e G7, enquanto que o modelo de Spurr obteve os piores resultados nos clones A1 e E5. O modelo que melhor se ajustou para todos clones foi o de Schumacher-Hall apresentando um maior R^2 ajustado e os menores erros padrão da estimativa.

Tabela 2. Equações ajustadas para biomassa da parte aérea dos diferentes clones, no município de Mogi Guaçu-SP.

Clone	Modelo	B_0	B_1	B_2	B_3	R^2_{ajus} t	$S_{yx\%}$
A1	Schumacher-Hall	-6,907	0,083	3,549		0,98	3,73%
	Spurr	10,4373	0,0086			0,66	31,22%
	Hohenadl-Krenn	-54,7556	12,0548	-0,3421		0,84	21,84%
	Näslund	26,715	-0,052	0,074	-0,455	0,92	14,92%

C3	Schumacher-Hall	-3,5758	1,3915	1,2828		0,99	0,26%
	Spurr	2,2164	0,0127			0,98	7,48%
	Hohenadl-Krenn	-5,7752	1,3694	0,1411		0,98	7,93%
	Näslund	1,0722	0,0022	0,0095	-0,01458	0,98	7,41%
E5	Schumacher-Hall	-1,0515	2,6033	-0,5651		0,95	4,96%
	Spurr	-0,1067	0,0169			0,87	23,98%
	Hohenadl-Krenn	27,0089	-6,2847	0,6305		0,85	25,29%
	Näslund	-132,5255	0,1328	-0,1626	1,4498	0,89	21,69%
G7	Schumacher-Hall	-4,4424	1,4683	1,6180		0,99	0,31%
	Spurr	2,9233	0,0166			0,98	10,84%
	Hohenadl-Krenn	-6,0323	0,6720	0,3125		0,97	13,78%
	Näslund	-8,1468	0,0293	-0,0192	0,1654	0,96	15,55%

Na tabela 3, para biomassa seca de lenho os melhores resultados também foram obtidos através do modelo de Schumacher-Hall, no geral, R^2 ajustado variou entre 0,33 e 0,96 e o erro padrão da estimativa de 0,32% a 45,78%. No modelo de Schumacher-Hall o R^2 ajustado variou 0,94 a 0,99 demonstrando ótimo ajuste, já o erro padrão da estimativa variou de 0,32% a 5,71%, os piores resultados foram obtidos pelos modelos de Spurr no clone A1 e C3, entretanto, os modelos de Hohenadl-Krenn e Naslund obtiveram os piores resultados para os clones E5 e G7, respectivamente.

Tabela 3. Equações ajustadas para biomassa seca do lenho dos diferentes clones, no município de Mogi Guaçu-SP.

Clone	Modelo	B_0	B_1	B_2	B_3	R^2_{ajust}	$S_{yx}\%$
A1	Schumacher-Hall	-9,064	-0,993	5,140		0,97	0,64%
	Spurr	11,3192	0,0055			0,33	45,78%
	Hohenadl-Krenn	-60,5930	13,5895	-0,4748		0,69	31,21%
	Näslund	30,881	-0,065	0,087	-0,534	0,91	16,81%

	Schumacher-						
C3	Hall	-5,6896	0,7929	2,4889		0,99	0,32%
	Spurr	1,7097	0,0098			0,97	11,05%
	Hohenadl-Krenn	-8,3630	2,0772	0,0496		0,97	9,46%
	Näslund	-1,7439	0,0051	0,0014	0,0379	0,97	9,84%
	Schumacher-						
E5	Hall	-1,5375	2,5717	-0,4373		0,94	5,71%
	Spurr	-0,2071	0,0140			0,85	25,36%
	Hohenadl-Krenn	21,0081	-4,9928	0,5142		0,83	27,15%
	Näslund	118,3123	0,1157	-0,1432	1,2844	0,87	23,52%
	Schumacher-						
G7	Hall	-6,0026	1,2670	2,2341		0,99	4,86%
	Spurr	2,1172	0,0123			0,98	11,81%
	Hohenadl-Krenn	-7,0339	1,0044	0,2107		0,96	14,54%
	Näslund	-7,3913	0,0219	-0,0149	0,1344	0,96	16,13%

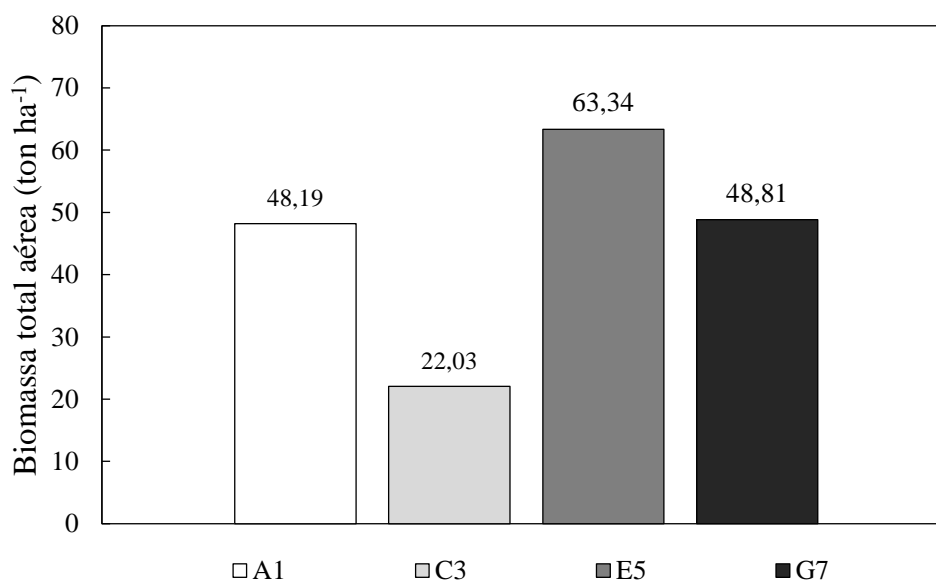
Azevedo et al. (2011), observaram que nos ajustes de equações volumétricas em um povoamento sob o regime de talhadia, os modelos que se mostraram mais satisfatórios foram os de Schumacher-Hall e Spurr, apresentando um R^2 ajustado de 98,01 e 97,97, respectivamente, os autores ainda afirmam que esses dois modelos obtiveram melhores resultados em todas situações estudadas. No entanto, durante o presente estudo, verificou-se que o modelo de Spurr apresentou resultados com pouca precisão em dois clones avaliados, sugerindo que os ajustes variam mesmo quando estão no mesmo regime de manejo, e que outros fatores influenciam os ajustes de equação. O índice de sitio é um desses fatores que promovem a melhor predição da produção, a inclusão do índice de sitio nos modelos quase sempre é suficiente para garantir a exatidão desejada nas estimativas de produtividade, a adição do sitio nos modelos matemáticos permite avaliar o efeito da capacidade produtiva e, também, inferir sobre quanto aumentar a capacidade produtiva para se atingir determinada produtividade ao final da rotação, para uma espécie ou clone específico (BINOTI et al., 2022).

Historicamente, o modelo de Schumacher-Hall é o mais utilizado para modelagem na estimativa de diversas variáveis à exemplo dos ajustes de equações para volume e biomassa, por apresentar resultados satisfatórios e oferecer simplicidade na sua aplicação, além de ser um dos modelos mais difundidos na área florestal por apresentar propriedades

estatísticas que fornecem quase sempre estimativas acuradas e não tendenciosas (CAMPOS; LEITE, 2013).

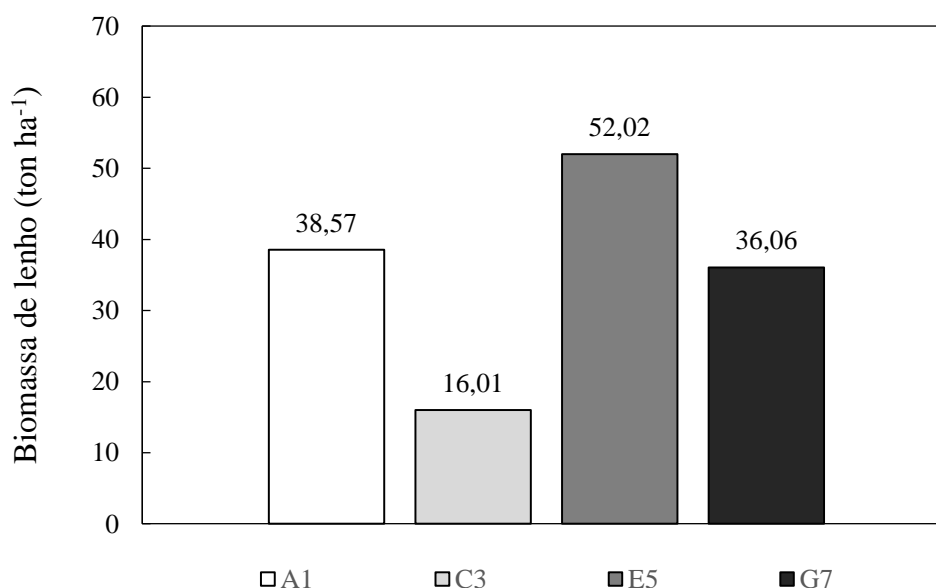
Na Figura 2, é possível observar o acúmulo de biomassa da parte aérea total nos clones A1, C3, E5, G7, obtido através do modelo de Schumacher-Hall. O clone E5 apresentou um maior acúmulo de $63,34 \text{ ton ha}^{-1}$, enquanto que o clone C3 apresentou o menor acúmulo de biomassa total de $22,03 \text{ ton ha}^{-1}$, os clones G7 e A1 apresentaram $48,81$ e $48,19 \text{ ton ha}^{-1}$, respectivamente.

Figura 2. Produção de biomassa da parte aérea aos 36 meses de idade entre os diferentes clones, no município de Mogi Guaçu-SP.



Na Figura 3, verifica-se que o acúmulo de biomassa para lenho entre os clones a partir do modelo de Schumacher-Hall possui um comportamento semelhante ao da produção de biomassa da parte aérea evidenciado na Figura 2. O clone E5 apresentou um maior acúmulo de biomassa com $52,02 \text{ ton ha}^{-1}$, enquanto que o clone C3 apresentou o menor acúmulo de biomassa total de $16,01 \text{ ton ha}^{-1}$, os clones G7 e A1 apresentaram $36,06$ e $38,57 \text{ ton ha}^{-1}$, respectivamente. Para biomassa de lenho o clone A1 apresentou uma maior produção que o clone G7, sendo que o contrário ocorreu para biomassa aérea total.

Figura 3. Produção de biomassa de lenho aos 36 meses entre os diferentes clones.



Avaliando o estoque de carbono em plantios de eucalipto, Gatto (2005), observou um acúmulo de biomassa de lenho aos 36 meses de idades de 37,33; 77,49; 46,83 e 34,52 ton ha⁻¹, em regiões diferentes no centro-leste de Minas Gerais, sugerindo que a produção de biomassa é influenciada pela capacidade produtiva do sítio.

Borges et al. (2012), afirmam que a produtividade atingível da cultura do eucalipto ocorre em função do sítio, do material genético utilizado e do manejo aplicado, uma vez que distintos materiais genéticos e esquemas de manejo podem resultar em distintas eficiências de uso de fatores de produção, a exemplo de luz, água e nutrientes.

Fatores como esses podem estar explicitando a diferença na produção de biomassa entre os clones e o sítio no qual estão inseridos. O Brasil é um país de extremas dimensões e por isso possui grande variedade de capacidades produtivas entre seus sítios florestais. A capacidade produtiva é, conceitualmente, definida por clima, fisiografia e solo, cujos índices de qualidade, uma vez integrados, resultam no índice de qualidade do sítio (BARROS, 2021).

A proporção da biomassa relativa do lenho à biomassa total poderá aumentar ou manter-se estável com o avanço da idade do povoamento, sendo que para os clones A1 e C3 a biomassa de lenho constitui 77% da biomassa seca total da parte aérea, no clone E5 é observado 83% e 74% no clone G7. Mello e Gonçalves (2008) afirmam que para espécies pouco tolerantes a sombra, a relação entre os componentes da copa e o diâmetro da árvore podem variar amplamente após o fechamento da copa, ou seja, a biomassa de fuste aumenta e a biomassa de folhas e galhos diminuem (SCHUMACHER; CALDEIRA, 2001). Além disso, a distribuição de biomassa entre os diferentes compartimentos pode

variado devido à forte influência genética, idade do povoamento, condições edafoclimáticas, época do ano e cobertura vegetal (SAIDELLES et al., 2010).

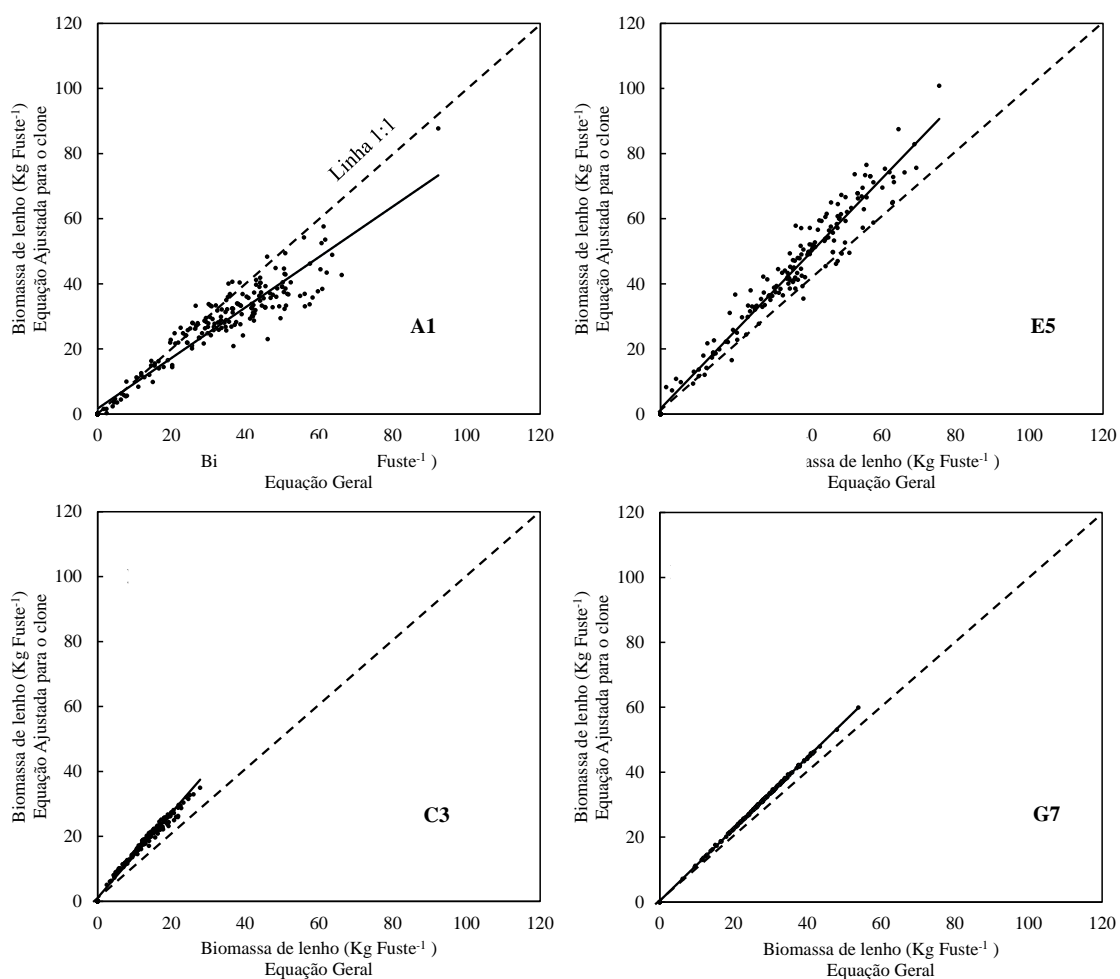
3.2 EQUAÇÃO GERAL PARA ESTIMATIVA DE BIOMASSA DO LENHO

3.2.1 Equação geral de biomassa de lenho no regime de talhadia

Na Figura 4, é possível observar a relação entre a biomassa de fustes individuais de cada árvore obtida através das equações ajustadas para cada clone (Tabela 3) e a equação da biomassa geral para todos os clones, a partir do modelo de Schumacher-Hall. Na equação geral foram obtidos os seguintes coeficientes: $B_0 = -6,4978$, $B_1 = 1,2217$ e $B_2 = 2,4082$, além dos parâmetros estatísticos como o R^2 ajustado de 0,95 e $S_{yx\%}$ de 0,92.

Os clones C3 e G7, apresentam maiores correlações com 0,99 e 0,98, respectivamente. Já o clone A1 apresentou a menor correlação com 0,91, e o clone E5 apresentou uma correlação de 0,95.

Figura 4. Distribuição da biomassa individual de fustes para equações ajustadas para cada clone e para biomassa geral de todos os clones.



A biomassa individual dos fustes para cada clone diferiu estatisticamente quando obtida pela equação geral ajustada para biomassa de lenho do sítio, apresentando em todos os clones P-valor menor que (0,05) a partir do teste T pareado, conforme a informação relatada na Tabela 4.

Tabela 4. Teste T pareado para biomassa individual de fuste obtidas pelo ajuste de equações para cada clone e para todos os clones.

Clone	Biomassa com equação individual (Kg.Fuste ⁻¹)		Biomassa com equação geral (Kg.Fuste ⁻¹)		P-valor
	Média	Variância	Média	Variância	
A1	24,04	242,35	28,81	369,93	4,07E-25
C3	15,94	86,05	11,32	49,41	2,94E-67
E5	41,38	483,38	33,71	333,60	8,87E-43
G7	29,84	109,39	26,71	89,73	1,81E-91

As equações ajustadas para cada clone apresentaram maior precisão nas estimativas de biomassa de lenho individual, e a equação geral do sítio tem a tendência de subestimar os dados, porém no clone A1 a equação geral superestimou os dados em 17%, no clone C3 a equação geral subestimou os dados em 29%, o clone E5 com a equação geral ajustada apresentou uma diminuição de 19% e no clone G7 a equação geral subestimou os dados em 10%.

Ferreira e Batista (2022), ao ajustar equações com o incremento de variáveis qualitativas, observaram que os modelos de dupla entrada (qualitativas) se mostraram mais precisos. Contudo, as equações locais ajustadas para talhões individualmente podem ser comparáveis, isso demonstra o tradicional dilema da escolha entre modelos, pois estes necessitam de uma maior quantidade de medidas, a solução deve ser feita caso a caso sendo dependente do bom senso do avaliador.

3.2.2 O uso de equações ajustadas na primeira rotação aplicadas no regime de talhadia

As equações ajustadas para os regimes de alto fuste e talhadia foram aplicadas nas mesmas árvores das parcelas de cada clone da segunda rotação e apresentaram o R² com pouca variação, com valores entre 0,95 e 0,99. No entanto, as equações ajustadas na segunda rotação apresentaram resultados mais satisfatórios para o erro padrão.

Na Tabela 5, é possível observar a equação que foi ajustada na primeira rotação para biomassa de lenho por Binkley et al. (2020), ao final da rotação, com R² variando de

0,96 a 0,98, e o erro padrão entre 10,10 e 14,26. Com base nas árvores amostradas verifica-se o menor diâmetro de 6,5 cm e o maior de 23,6 cm.

Tabela 5. Equações ajustadas para biomassa de lenho na primeira rotação no modelo de Schumacher-Hall.

Clone	1ª rotação						
	B ₀	B ₁	B ₂	R ²	Erro padrão	DAP mínimo(cm)	DAP máximo(cm)
A1	- 5,1213	2,1142	1,1904	0,96	14,26	10,2	23,0
C3	-4,3563	1,9002	1,1107	0,97	14,18	6,5	22,9
E5	-3,9496	1,9995	0,9348	0,97	10,10	10,6	22,5
G7	-4,0187	2,0550	0,9372	0,98	12,35	9,2	23,6

Fonte: Binkley et al. (2020)

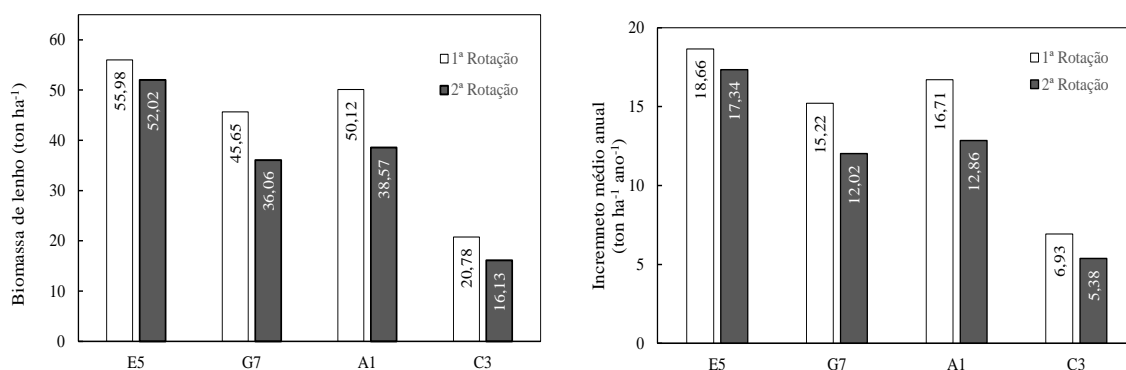
Na Tabela 6, observam-se as equações ajustadas para biomassa de lenho na segunda rotação aos 36 meses, com o R² variando entre 0,95 e 0,99 e o erro padrão com uma variação de 4,14 a 14,64. O diâmetro das árvores-amostra variou de 4,46 cm à 17,4 cm.

Tabela 6. Equações ajustadas para biomassa de lenho em segunda rotação.

Clone	2ª Rotação						
	B ₀	B ₁	B ₂	R ²	Erro padrão	DAP mínimo(cm)	DAP máximo(cm)
A1	- 9,0648	-0,9931	5,1405	0,98	6,93	5,8	16,9
C3	-10,2941	-2,0323	6,7041	0,95	4,14	4,46	12,54
E5	-1,5375	2,5717	-0,4373	0,97	14,64	7,0	17,4
G7	-6,0036	1,2670	2,2341	0,99	10,82	4,8	17,3

Na Figura 5, pode-se observar que o genótipo E5 teve o maior acúmulo de biomassa de lenho nas duas equações ajustadas, com 55,98 ton ha⁻¹ usando a equação da primeira rotação e 52,02 ton ha⁻¹ na equação da segunda rotação, uma redução de 7%. Para o clone A1, foi estimado um acúmulo de 50,12 ton ha⁻¹ na primeira rotação e 38,57 ton ha⁻¹ na segunda rotação, uma redução de 23%. O clone C3 apresentou o menor acúmulo de biomassa de lenho, com 20,78 ton ha⁻¹ na primeira rotação e 16,13 ton ha⁻¹ na segunda rotação, uma redução de 22%. Já o genótipo G7 apresentou um acúmulo de 45,65 ton há⁻¹ na primeira rotação e 36,06 ton ha⁻¹ na segunda rotação, uma redução de 21% na produção de biomassa seca de lenho.

Figura 5. Estimativa da produção de biomassa de lenho e incremento médio anual dos diferentes genótipos para equações ajustadas em primeira e segunda rotação.



Em um estudo realizado por Azevedo et al. (2011), foram avaliados modelos para estimar o volume de madeira de *Eucalyptus urophylla* em duas rotações, obtendo valores de R^2 ajustado que variaram de 90,01% a 98,10%. Os autores consideraram esses valores ótimos para o ajuste das equações e observaram que os modelos de Schumacher-Hall e Spurr apresentaram o melhor ajuste para os regimes de alto fuste e talhadia. Em outro estudo, Sousa et al. (2013) avaliaram a relação hipsométrica em regime de alto fuste e talhadia para *Eucalyptus urophylla* e observaram que no povoamento sob o regime de talhadia houve maior variação nos parâmetros estatísticos. Cada regime demonstrou um comportamento diferente em relação à estatística do ajuste, o que evidencia a necessidade de um modelo adequado para cada sistema silvicultural.

O diâmetro à altura do peito (DAP) também poderá ter interferido nos resultados obtidos, visto que são idades diferentes na comparação, Soares e Oliveira (2002), afirmaram que o DAP foi significativo a 95 % de probabilidade para todas as equações ajustadas, embora, Pereira Filho et al. (2020) observou que não houve correlação entre as dimensões do DAP, altura total e volume individual de uma árvore no regime de alto fuste com estas mesmas variáveis no regime de talhadia oriunda destas árvores.

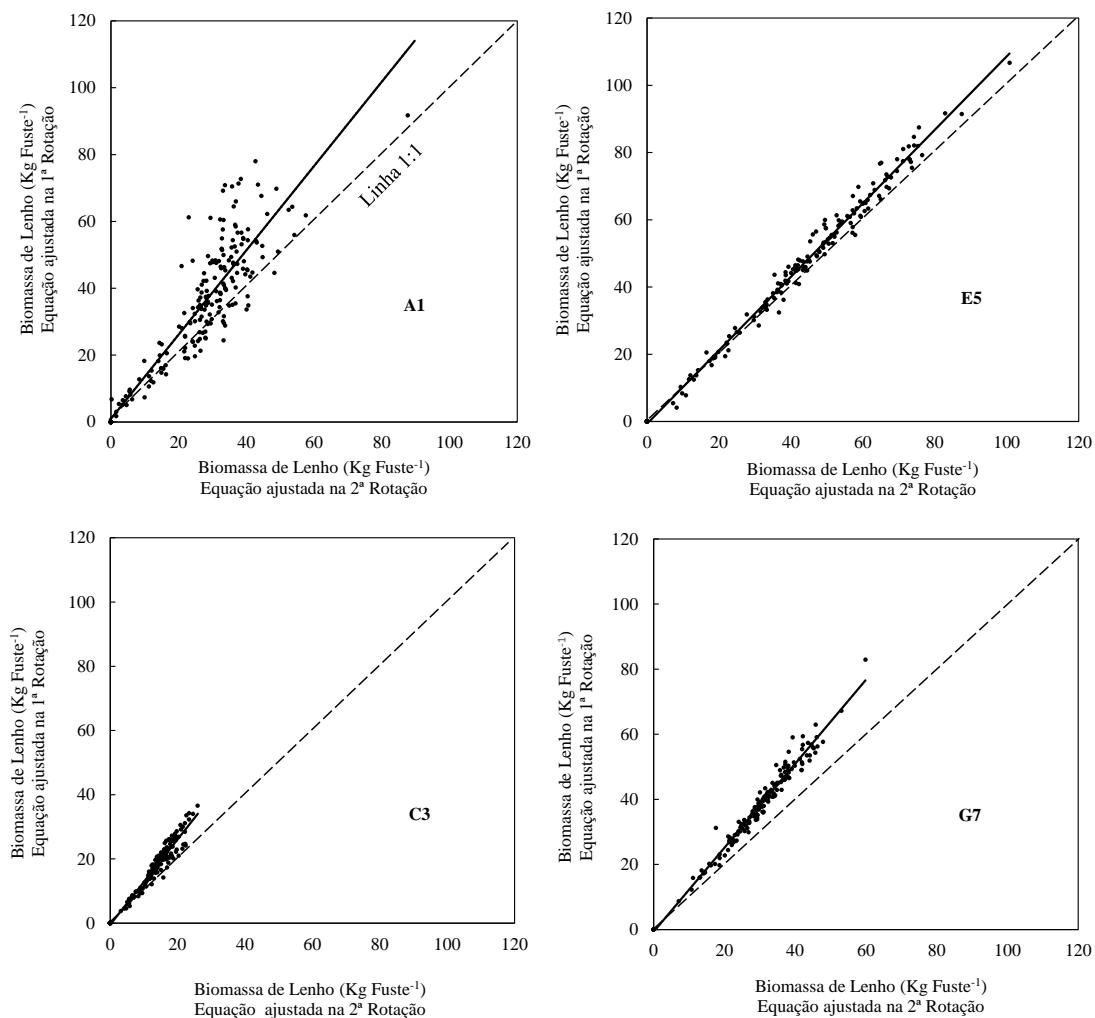
Gonçalves et al. (2014), afirmaram que a produtividade de híbridos de *Eucalyptus grandis x urophylla* têm muita influência do regime de precipitação pluviométrica e que em locais com maior precipitação na segunda rotação, a produtividade desta rotação fora maior que na primeira rotação, essa afirmação indica que a pluviosidade em que a floresta está situada deve ser considerada para o melhor ajuste das equações.

Para análise individual dos fustes, é possível verificar na Figura 6, a relação entre os resultados de biomassa de lenho obtidos pelas equações de primeira e segunda rotação. O clone A1 apresentou o menor coeficiente de determinação entre as biomassas estimadas

pelas duas equações, enquanto o clone E5 apresentou uma menor dispersão dos valores obtidos.

Os resultados indicaram que os clones A1, C3 e G7 foram superestimados em cerca de 22% na biomassa individual quando a equação da primeira rotação foi aplicada na segunda rotação. Isso sugere que o comportamento silvicultural dos genótipos pode influenciar o uso de equações ajustadas, especialmente no caso dos clones A1 e C3, que apresentam menor sobrevivência e maior dispersão de dados.

Figura 6. Relação da estimativa de biomassa de fuste obtida através de equações ajustadas em duas rotações.



A partir do Teste T pareado, foi observado que os clones apresentaram diferença significativa na biomassa individual de fustes quando obtidas através das duas equações (Tabela 6).

Tabela 6. Teste T pareado para biomassa individual de fuste obtidos em duas rotações ajustadas em rotações diferentes.

Biomassa com equação ajustada na 2ª			Biomassa com equação ajustada na 1ª Rotação		
Rotação (Kg Fuste ⁻¹)			(Kg Fuste ⁻¹)		
Clone	Média	Variância	Média	Variância	P-valor
A1	24,04	242,35	31,24	455,76	3,22E-25
C3	15,94	86,05	15,03	86,90	1,36E-32
E5	41,38	483,38	44,53	583,38	2,28E-28
G7	29,84	109,38	37,77	186,79	3,66E-66

De acordo com Aspinwall et al. (2011), em um povoamento clonal, todas as árvores possuem a mesma capacidade genética para crescer, mas outros fatores podem afetar a uniformidade do plantio, e uma vez que essa uniformidade é afetada, ela não pode ser recuperada ao longo da idade do povoamento (HAKAMADA et al., 2015).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do modelo de Schumacher-Hall foram obtidas as melhores equações ajustadas para biomassa total aérea e biomassa de lenho. Em todos os cenários, o clone E5 apresentou o maior acúmulo de biomassa total aérea e biomassa de lenho, enquanto que o clone C3 apresentou o menor acúmulo de biomassa total aérea e biomassa de lenho.

O uso de uma equação geral do povoamento para estimativa de biomassa individual dos fustes subestimou os dados nos clones C3, E5 e G7, sendo que superestimou os valores no clone A1.

Os clones E5 e G7 obtiveram excelentes resultados na comparação entre as equações ajustadas na primeira e segunda rotação. Apesar dos parâmetros estatísticos favoráveis, o clone C3 não apresentou uma boa relação entre as equações ajustadas. É possível que a equação ajustada para a primeira rotação, tenha superestimado algumas estimativas pelo fato de abranger classes diamétricas maiores. Portanto, estudos mais aprofundados abordando condições edafoclimáticas, qualidade do sítio e idades poderão esclarecer a precisão do uso de equações para diferentes rotações em povoamentos florestais.

REFERÊNCIAS

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ASPINWALL, M. J. *et al.* Genetic effects on stand-level uniformity and above-and belowground dry mass production in juvenile loblolly pine. **Forest Ecology and Management**, v. 262, n. 4, p. 609-619, 2011.

AZEVEDO, G. B. *et al.* Estimativas volumétricas em povoamentos de eucalipto sob regime de alto fuste e talhadia no sudoeste da Bahia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 309-309, 2011.

BARBEIRO, L. D. S. S., VIEIRA, G., SANQUETTA, C. R. Equações para estimativa da biomassa individual de *Nectandra grandiflora* Nees (canela-amarela). **Floresta**, v. 39, n. 4, 2009.

BARROS, A. P. V. de. Produção de madeira e eficiência de uso de nutrientes modelados conforme a classe de produtividade de povoamentos clonais de eucalipto. 2021.

BINKLEY, D. et. al. Variation in whole-rotation yield among *Eucalyptus* genotypes in response to water and heat stresses: The TECHS project. **Forest Ecology and Management**, v. 462, p.11795, 2020.

BINOTI, D. H. B. et al. Importância relativa das variáveis predictoras no processo de modelagem da produtividade florestal. **Avanços em Ciências Florestais**, v. 9, n. 4, pág. 1867-1873, 2022.

BORGES, J. S.; NEVES, J. C. L.; HELTON, M. L.; BARROS, N. F.; DIAS, S. C. M. Parameterization of the 3-PG model for eucalypt in the region of cerrado in Minas Gerais state. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 567-578, 2012.

BRASIL. **Decreto nº 8.375, de 11 de dezembro de 2014**. Define a Política Agrícola para Florestas Plantadas. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2014/Decreto/D8375.htm>. Acesso em: 24 agosto de 2022. Publicado no Diário Oficial da República Federativa do Brasil em 12 dezembro de 2014.

BROWN, Sandra; GILLESPIE, Andrew JR; LUGO, Ariel E. Métodos de estimativa de

biomassa para florestas tropicais com aplicações a dados de inventário florestal. **Ciência Florestal**, v. 35, n. 4, pág. 881-902, 1989.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. Mensuração florestal: perguntas e respostas. atual. e ampl. **Viçosa: UFV**, 2013.

FERREIRA, V. P.; BATISTA, J. L. F. Utilização de variáveis qualitativas de localização em equações volumétricas e a seleção de modelos. **Ciência Florestal**, v. 31, p. 1968-1990, 2022.

GATTO, A. Estoques de carbono no solo e na biomassa de plantações de eucalipto na região Centro-Leste do Estado de Minas Gerais. 2005.

GONÇALVES, J. L. M. *et al.* Nutrição e adubação da cultura do eucalipto manejada no sistema de talhadia. **Nutrição e adubação de espécies florestais e palmeiras**, 2014.

GUEDES, I. C. L. *et al.* Economic analysis of replacement regeneration and coppice regeneration in *eucalyptus* stands under risk conditions. **Cerne**, v. 17, p. 393-401, 2011.

HAKAMADA, R. E. *et al.* Influence of stand density on growth and water use efficiency in *Eucalyptus* clones. **Forest Ecology and Management**, v. 466, p. 118125, 2020.

HAKAMADA, R. E. *et al.* Uniformity between trees in a full rotation and its relationship with productivity in clonal *eucalyptus*. **Cerne**, v. 21, n. 3, p. 465-472, 2015.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual IBÁ 2021**. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf>. Acesso em: 22 de agosto de 2022.

MELLO, S. L. M.; GONÇALVES, J. L. M. Equações para estimar a biomassa da parte aérea e do sistema radicular em povoamentos de *Eucalyptus grandis* em sítios com produtividades distintas. **Revista Árvore**, v. 32, p. 101-111, 2008.

PEREIRA FILHO, G. M. P. *et al.* Correlação entre dimensões das árvores de eucalipto em alto fuste e talhadia.

RESENDE, R. T. *et al.* Environmental uniformity, site quality and tree competition interact to determine stand productivity of clonal *Eucalyptus*. **Forest ecology and**

management, v. 410, p. 76-83, 2018.

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

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

SILVA, J. M. S. **Produção e distribuição de biomassa em clones de Eucalyptus grandis x Eucalyptus urophylla no município de Macaíba-RN**. 2015. Dissertação de Mestrado. Brasil.

SILVEIRA, P. Estimativa da biomassa e carbono acima do solo em um fragmento de floresta ombrófila densa utilizando o método da derivação do volume comercial. **Floresta**, v. 40, n. 4, 2010.

SOARES, C.P.B.; OLIVEIRA, M. L.R. Equações para estimar a quantidade de carbono na parte aérea de árvores de eucalipto em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, p. 533-539, 2002.

SOMOGYI, Z. *et al.* Indirect methods of large-scale forest biomass estimation. **European Journal of Forest Research**, v. 126, n. 2, p. 197-207, 2007.

SOUSA, G. T. O. *et al.* Relações hipsométricas para *Eucalyptus urophylla* conduzidos sob regime de alto fuste e talhadia no Sudoeste da Bahia. **Scientia Plena**, v. 9, n. 4, 2013.

SOUZA, Liliana Bernardino de Oliveira et al. Pré-tratamento organossolve da biomassa residual de eucalipto utilizando etanol. 2021

STAPE, J. L. *et al.* The Brazil *Eucalyptus* Potential Productivity Project: Influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 9, p. 1684-1694, 2010.

THOMAS, C. *et al.* Comparação de equações volumétricas ajustadas com dados de cubagem e análise de tronco. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 319-327, 2006.

TOLMASQUIM, M. T. Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar,

Oceânica. **Empresa de Pesquisa Energética**, 2016.