

ADÊNIO LOUZEIRO DE AGUIAR JÚNIOR

**INFLUÊNCIA DO ARRANJO ESPACIAL E DO CLONE EM  
CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS E NO CRESCIMENTO  
DE EUCALIPTO EM SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS- BRASIL  
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

A282i  
2018

Aguiar Júnior, Adênio Louzeiro de, 1993-  
Influência do arranjo espacial e do clone em características dendrométricas e no crescimento de eucalipto em sistema agrossilvipastoril / Adênio Louzeiro de Aguiar Júnior. - Viçosa, MG, 2018.  
xi, 65 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Silvio Nolasco de Oliveira Neto.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Agrossilvicultura. 2. Eucalipto - Genética. 3. Clonagem.  
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal.  
Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal.  
II. Título.

CDO adapt. CDD 22. ed. 634.9261

ADÊNIO LOUZEIRO DE AGUIAR JÚNIOR


**INFLUÊNCIA DO ARRANJO ESPACIAL E DO CLONE EM  
CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS E NO CRESCIMENTO  
DE EUCALIPTO EM SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de fevereiro de 2018.

  
Marcelo Dias Müller  
(Coorientador)

  
Júlio César Lima Neves

  
Silvio Nolasco de Carvalho Neto  
(Orientador)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico a Deus e aos bons espíritos que sempre me acompanham, à minha mãe Jacilane, ao meu pai Adênio (em memória) e às minhas irmãs Bruna e Flávia que constituem a base de onde sempre me lanço para novos desafios.

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe e ao meu pai, que me passaram valores e princípios que regem minha vida pelo caminho do bem e do amor.

Às minhas irmãs, que nos momentos difíceis me estenderam as mãos e nos momentos felizes sorriram comigo a meu favor.

À toda minha família, em especial às minhas avós, meus tios e tias, ao Dino, Dinael, aos meus cunhados Franklin e Daniel, e aos demais que sempre estão me apoiando e incentivando a crescer.

Aos meus amigos de infância, em especial ao Marcos Aurélio e ao Felipe Oliveira, os quais me lembram que a amizade pode ser renovada todos os dias, obrigado por me escolherem como amigo.

À Universidade Federal do Piauí, por propiciar a base para conclusão da minha formação em Engenharia Florestal, e aos amigos da graduação, em especial ao Temístocles Pacheco e à Fabrina Ferraz.

À Universidade Federal de Viçosa, por disponibilizar toda infraestrutura e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pela oportunidade concedida.

Ao meu orientador, Professor Sílvio Nolasco, por ajudar, com paciência e bons conselhos, a enfrentar desafios pessoais e profissionais durante essa etapa que se conclui com êxito.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela ajuda financeira ao conceder recursos para me manter no programa de Pós-Graduação durante esse período.

Aos professores e pesquisadores Carlos Pedro, Helio Garcia, Júlio Neves, Marcelo Muller e Leonardo Henrique, pelos valiosos conselhos e apoio técnico na coleta de dados e análise das informações obtidas.

À Embrapa Gado de Leite e à EMATER - Coronel Xavier Chaves, pela parceria e disponibilização de dados para execução do estudo e ao produtor rural Vanderlei dos Reis Souza por disponibilizar a área para condução da pesquisa.

Ao Gustavo Matos, você certamente é um dos melhores presentes que a vida me proporcionou em Viçosa.

À Amana Obolari, agradeço imensamente pelo apoio prestado e por todos os momentos felizes que me proporcionou, você é um ponto de luz em meio a multidão.

Ao grupo “SilviAmigos”, em especial ao Ricardo Pena e à Amana Obolari, certamente vocês me fizeram mais feliz com cada momento vivido na “SilviCaverna”.

Ao Grupo do “Decreto de Çesta” e todos seus integrantes (Gustavo, Bruna, Dreice, Boto, Guilherme, Denis, Wilson, Sambira e Talhes). Sempre lembrarei de cada um de vocês.

Aos meus amigos Wilson, Guilherme e Bala, certamente não me sentiria em família se não fosse por vocês.

## **Vai dá Certo**

“Vai dá tudo certo, no fim sempre dá certo”

(Autor desconhecido)

## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	3
3. CAPITULO I .....	5
3.1. INTRODUÇÃO .....	6
3.2. OBJETIVOS .....	8
3.2.1. Objetivo geral .....	8
3.2.2. Objetivos específicos .....	8
3.3. MATERIAL E MÉTODOS .....	9
3.3.1. Caracterização da área de estudo .....	9
3.3.2. Caracterização do experimento .....	9
3.3.3. Distribuição diamétrica .....	10
3.3.4. Produção volumétrica .....	11
3.3.5. Afilamento do fuste .....	13
3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	14
3.4.1. Distribuição diamétrica .....	14
3.4.2. Ajuste de modelos .....	15
3.4.3. Produção volumétrica .....	21
3.4.4. Afilamento do fuste .....	23
3.5. CONCLUSÕES .....	28
3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29
4. CAPITULO II .....	35
4.1. INTRODUÇÃO .....	36
4.2. OBJETIVOS .....	38
4.2.1. Objetivo geral .....	38
4.2.2. Objetivos específicos .....	38
4.3. MATERIAL E MÉTODOS .....	39
4.3.1. Caracterização da região de estudo .....	39
4.3.2. Caracterização do experimento .....	39
4.3.3. Distribuição diamétrica .....	41
4.3.4. Produção volumétrica .....	41
4.3.5. Afilamento do fuste .....	43
4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	45



4.4.1.	Distribuição diamétrica .....	45
4.4.2.	Ajuste de modelos .....	47
4.4.3.	Produção volumétrica.....	51
4.4.4.	Afilamento do fuste .....	53
4.5.	CONCLUSÕES .....	59
4.6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	60
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	65

## RESUMO

AGUIAR JÚNIOR, Adênio Louzeiro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2018. **Influência do arranjo espacial e do clone em características dendrométricas e no crescimento de eucalipto em sistema agrossilvipastoril.** Orientador: Sílvio Nolasco de Oliveira Neto. Coorientadores: Marcelo Dias Müller e Carlos Pedro Boechat Soares.

A proposição de sistemas agrossilvipastoris como modelos alternativos de produção tem sido frequente mencionada nos debates sobre sustentabilidade. A ampla variedade de arranjos estruturais que podem compor estes sistemas indica a necessidade de estudos visando a obtenção de indicadores técnicos de produção para melhor compreensão sobre viabilidade. Objetivou-se avaliar características dendrométricas e de crescimento de clones híbridos de eucalipto, e de três arranjos espaciais, em sistema agrossilvipastoril (milho + capim-braquiária + eucalipto), em Coronel Xavier Chaves, MG. Para avaliação de materiais genéticos, foram utilizados três clones de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (Ve01, Ve06 e Ve07), avaliados aos 96 meses de idade. Para a análise de arranjos espaciais, avaliou-se três espaçamentos de plantio do clone denominado Ve07, em diferentes épocas, sendo em linhas simples (18 x 2,5 m) aos 48 meses, em linhas duplas (5 x 2 + 40 m) aos 72 meses, e em linhas triplas (3 x 2 + 30) aos 60 meses de idade. As alturas e os diâmetros a 1,3 m de altura foram mensurados em plantas de cinco parcelas em cada clone e arranjo espacial. Os volumes das árvores em diferentes classes de diâmetro foram calculados por meio de cubagem rigorosa, utilizando um método não destrutivo. Foram realizados ajustes de dois modelos hipsométricos e de três modelos volumétricos para estimação das alturas totais e volumes das árvores, e de quatro modelos de afilamento de fuste. A escolha dos modelos estatísticos que melhor se ajustaram aos dados foi baseada no  $R^2$ ajustado,  $Sy.x$  e análise visual dos gráficos de resíduos. As produções volumétricas dos clones foram comparadas entre si através do teste t de Student, para médias independentes, e para análise do perfil dos fustes foi aplicado o teste de identidade para identificar diferenças, ou não, entre os clones e arranjos espaciais analisados. O melhor modelo hipsométrico, para os clones e os arranjos espaciais, foi o de Campos et al., (1984). O modelo volumétrico de melhor desempenho para os clones foi o de Schumacher-Hall e para os arranjos espaciais o de Spurr. Houve diferença significativa de produção madeireira entre os clones avaliados, sendo o clone Ve06 superior. O arranjo espacial que proporcionou maior produção madeireira por área foi o implantado em fileiras triplas, no entanto em fileiras simples observou-se maior número de indivíduos nas maiores classes diamétricas. Não foram observadas diferenças

significativas entre os perfis de fustes dos clones, porém para os arranjos espaciais essa variável apresentou padrões distintos. Tanto para a análise dos clones, quanto para a avaliação dos arranjos espaciais, o melhor modelo de afilamento foi o de Garay. Os clones e os arranjos espaciais influenciaram os padrões de crescimentos e a produção do eucalipto, sendo o clone Ve06 e os arranjos espaciais em fileiras triplas e duplas mais potenciais para produtividade por área, enquanto o arranjo em fileira simples mais potencial para árvores com maiores dimensões.

## ABSTRACT

AGUIAR JÚNIOR, Adênio Louzeiro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2018. **Influence of spatial arrangement and clones on dendrometric characteristics and eucalyptus growth in agrosilvopastoral systems.** Advisor: Sílvio Nolasco de Oliveira Neto. Co-advisors: Marcelo Dias Müller and Carlos Pedro Boechat Soares

The proposition of agroforestry systems as alternative models of production has been frequently mentioned in debates on sustainability. The wide variety of structural arrangements that can compose these systems indicates the need for studies to obtain technical indicators of production for a better understanding of their feasibility. The objective of this study was to evaluate dendrometric and growth characteristics of hybrid clones of eucalyptus and three spatial arrangements in an agrosilvipastoral system (corn + brachiaria grass + eucalyptus) in Coronel Xavier Chaves, MG. For evaluation of genetic material, three hybrid clones of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (Ve01, Ve06 and Ve07) were evaluated at 96 months of age. For the analysis of spatial arrangements, three planting spacings of the clone Ve07 were evaluated at different times: in single lines (18 x 2,5 m) at 48 months, in double rows (5 x 2 + 40 m) at 72 months, and in triple lines (3 x 2 + 30) at 60 months of age. The heights and diameters at 1.3 m height were measured in plants of five plots in each clone and spatial arrangement. The volumes of the trees in different diameter classes were calculated by rigorous sampling using a non-destructive method. Adjustments were made for two hypsometric models and three volumetric models for estimation of total heights and tree volumes, and four stem tapering models. The choice of the statistical models that best fit the data was based on the adjusted R<sup>2</sup>, Sy.x and visual analysis of the residue graphs. Volumetric productions of clones were compared by Student's t-test for independent means and for analysis of the stem profile the identity test was applied to identify differences or not between the analyzed clones and spatial arrangements. The best hypsometric model for clones and spatial arrangements was the one by Campos et al. (1984). The best-performing volumetric model for the clones was Schumacher-Hall' model and for spatial arrangements it was Spurr's model. There was a significant difference in timber production between the clones evaluated, with clone Ve06 found to be superior. The spatial arrangement which provided the greatest timber production by area was implanted in triple rows. However, in simple rows it was observed a greater number of individuals in the larger diametric classes. No significant differences were observed between stem profiles of clones, but for spatial

arrangements this variable showed different patterns. For the analysis of clones and of spatial arrangement, the best tapering model was Garay's. Clones and spatial arrangements influenced growth patterns and eucalyptus production, where clone Ve06 and spatial arrangements in triple and double rows showing greater potential for larger productivity per area while the single row spatial arrangement showed greater potential for the production of trees of larger dimensions.

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O setor agropecuário tem se mostrado como grande alicerce para a economia nacional, quadruplicando sua produção entre os anos de 1975 e 2016 (MAPA, 2018). As áreas de plantio com grãos, sobretudo com soja, bem como a comercialização de carnes (aves, bovinas e suínas) apresentam notório destaque econômico, gerando expressiva contribuição para o produto interno bruto (PIB) brasileiro (CONAB, 2017). Assim como o setor agropecuário, a atividade florestal também apresentou crescimento, sendo de 9,27% de sua área plantada entre os anos de 2010 e 2016, o que representou 1,1% de toda riqueza do país e 6,2% do PIB industrial no ano de 2016 (IBÁ, 2017).

Em paralelo ao crescimento da produção dos setores agropecuário e florestal, ocorreram também pressões sociais e governamentais para que se minimizem o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, bem como por ações que tornem as atividades no campo mais sustentáveis do ponto de vista ambiental (BRASIL, 2010; PALUDO e COSTABEBER, 2012; URIBE et al., 2014).

A supressão de ambientes naturais para a implantação de extensas áreas com monoculturas, seja para atividade agrícola, pecuária ou florestal, pode promover impactos ambientais negativos, muitas vezes culminando na degradação do solo e/ou da cultura em questão. Para a atividade pecuária, essa problemática é ainda mais preocupante diante, aproximadamente, 70% de sua área cultivada apresentando algum grau de degradação ambiental (DIAS FILHO, 2014).

Alternativas de manejo que possam promover maior nível de sustentabilidade para as atividades produtivas no campo devem ser implantadas e analisadas como opções capazes de suprir as demandas sociais, ambientais e de mercado. O sistema agrossilvipastoril (SASP), definido como o modelo de produção que integra, de forma escalonada ou não, o cultivo de árvores com culturas agrícolas, forrageiras e/ou criação de animais (KUMAR e NAIR, 2011), frequentemente é apresentado entre as alternativas em discussões visando modelos de produção agropecuária e florestal mais sustentáveis.

Nesse contexto, linhas de financiamentos são disponibilizados para adoção de SASPs, como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf Floresta) e o Plano de Agricultura de Baixa Emissão de Carbono (Plano ABC). Tais programas objetivam incentivar a recuperação de áreas em degradação ou já degradadas, elevar a produção agropecuária e florestal de forma mais sustentável, adequando

ambientalmente as propriedades rurais, além de promover a redução de emissões de gases de efeito estufa (BRASIL, 2010; DO VALE et al., 2015).

Os SASPs são potenciais para promoção de melhorias na fertilidade e estrutura física do solo, na estocagem de carbono e nas condições microclimáticas para forrageiras e animais, além de possibilitar múltiplos produtos com aumentos na produção total por unidade de área (NOGUEIRA et al., 2008; PIRES et al., 2010; CAMPANHA et al., 2011; STONE et al., 2015; SCHETTINI et al., 2018).

Em contrapartida às informações da literatura, que indicam benefícios decorrentes da adoção de SASP, ainda são necessários indicadores de produtividade do componente arbóreo capazes de melhor subsidiar tomadas de decisões visando potencializar o retorno econômico. Neste contexto, informações sobre o comportamento de materiais genéticos em diferentes ambientes, arranjos espaciais e manejo, e suas respectivas características dendrométricas, tornam-se importantes.

Sobre a escolha do material genético arbóreo, espécies do gênero *Eucalyptus* ssp. são bastante utilizadas diante conhecimento silvicultural e melhoramento genético (XAVIER e SILVA, 2010). Porém, a inserção do eucalipto nesses sistemas, na maioria das vezes, tem ocorrido com base em informações provenientes de monocultivos, negligenciando-se aspectos de possíveis interações (competição) entre as árvores e os demais componentes dos SASPs.

Além da importância da escolha de espécies arbóreas adequadas para SASP, a produção madeireira é influenciada pela densidade e arranjo espacial das árvores. Quando mal planejados, podem intensificar a competição por recursos de crescimento entre plantas e espécies, afetando a produtividade florestal, agrícola, forrageira e animal (OLIVEIRA et al., 2009; OLIVEIRA NETO et al., 2010).

A depender da escolha do arranjo espacial utilizado e, conseqüentemente, da densidade de plantas por área, as árvores em SASP podem apresentar diferentes padrões de crescimento, como é o caso do volume individual que tende a ser proporcional a área útil disponível por planta.

O presente trabalho visa avaliar características dendrométricas e de crescimento de três clones híbridos de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*), bem como analisar aspectos de crescimento em três arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010. **Diário Oficial**, Brasília, p. 4, 2010.

CAMPANHA, M. M.; ARAÚJO, F. S.; MENEZES, M. O. T.; SILVA, V. M. A.; MEDEIROS, H. R. Estrutura da comunidade vegetal arbóreo-arbustiva de um sistema agrossilvipastoril, em Sobral – CE. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 94-101, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Perspectivas para a Agropecuária. **Perspectiva Agropecuária**, v.5, p. 1-112, 2017.

DIAS FILHO, M. B. **Diagnóstico das pastagens no Brasil**. Embrapa Amazônia Oriental. Belém, PA. Documentos, 402, 2014. 36p.

VALE, N. K. A.; SOUZA, C. B. **Alcances e impactos do plano agricultura de baixo carbono (ABC) no estado do Goiás: 2010- 2015**. Conjuntura Econômica Goiana, nº 39, 2016, p. 22.

IBÁ- Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório IBÁ 2017**. São Paulo, 33 p., 2017.

KUMAR, B. M.; NAIR P. K. R. **Carbon sequestration potential of agroforestry Systems**. Gainesville: Springer, 2011. 326 p.

MAPA- Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Melhora da produtividade é responsável por 80 % do crescimento da agropecuária**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/melhora-da-produtividade-e-responsavel-por-80-do-crescimento-da-agropecuaria>>. Acesso em: 23 de abril de 2018.

NOGUEIRA, R. S.; OLIVEIRA, T. S.; TEXEIRA, A. S.; FILHO, J. A. A. Redistribuição de carbono orgânico e fósforo pelo escoamento superficial em sistemas agrícolas convencionais e agroflorestais no semi-árido cearense. **Revista Ceres**, v. 55, n. 4, p. 327-337, 2008.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 1, n. 60, p. 1-9, 2009.

OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; LEITE, H. G. Arranjos estruturais do componente arbóreo em sistema agrossilvipastoril e seu manejo por desrama e desbaste. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 47-58, 2010.



PALUDO, R.; COSTABEBER, J.A. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 7, n. 2, p. 63-76, 2012.

PIRES, M. F. A.; PACIULLO, D.S.C.; PIRES, J.A.A. Conforto animal no Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 81-89. 2010.

SCHETTINI, B. L. S.; JACOVINE, L. A. G.; TORRES, C. M. M. E.; OLIVEIRA NETO, S. N.; ROCHA, S. J. S. S.; ALVES, E. B. B. M.; VILLANOVA, P. H. Estocagem de Carbono em Sistemas Silvopastoris com Diferentes Arranjos e Materiais Genéticos. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 4, p. 175-179, 2018.

STONE, L. F.; DIDONET, A. D.; ALCANTRA, F.; FERREIRA, E. P. B. Qualidade física de um Latossolo Vermelho ácrico sob sistemas silviagrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 953–960, 2015.

URIBE, C.; INCLAN, R.; HERNANDO, L.; ROMAN, M.; CLAVERO, M. A.; ROIG, S.; VAN MIEGROE, H. Grazing, tilling and canopy effects on carbon dioxide fluxes in a Spanish dehesa. **Agroforestry Systems**, v. 89, n. 2, p. 305-318, 2014.

XAVIER, A.; SILVA, R. L. Evolução da silvicultura clonal de *Eucalyptus* no Brasil. **Agronomía Costarricense**, v. 34, n. 1, p. 93-98, 2010.

**3. CAPITULO I**

**CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE CLONES DE EUCALIPTO EM  
SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL, EM CORONEL XAVIER  
CHAVES, MG**

### 3.1. INTRODUÇÃO

A proposta para adoção de sistema agrossilvipastoril (SASP) deve ser baseada em possíveis vantagens, como a conservação dos solos e dos recursos hídricos, aumento na atividade microbiana do solo e ciclagem biogeoquímica de nutrientes (NOGUEIRA et al., 2008b; SANTIAGO et al., 2013; STONE et al., 2015), alterações microclimáticas, favorecendo a produtividade forrageira e o bem estar animal (LEME et al., 2005; LOPES et al., 2016), associadas a maior produtividade total, com diversificação da produção e renda.

Outro aspecto fundamental é a viabilidade econômica dos SASPs, pois a comercialização de vários produtos, como madeireiros e não madeireiros, de origem agrícola, animal e derivados, deve proporcionar maior retorno financeiro ao produtor, que, inclusive, pode priorizar a comercialização de determinado produto, adequando-se às variações de mercado (COELHO JÚNIOR et al., 2008).

Embora a adoção de SASPs tenha pontos positivos que podem potencializar os ganhos de ordem técnica e financeira, limitações também podem ocorrer diante a interações negativas entre os componentes arbóreo, agrícola e forrageiro. Deste modo, estratégias para elevar a produção dos componentes do sistema devem ser analisadas em pesquisas, visando orientar produtores quanto a importância de manejo de todos os componentes do sistema.

Uma maneira de se elevar a produtividade florestal é a utilização de material genético melhorado que se adapte às condições edafoclimáticas, de manejo e de arranjos espaciais das árvores em SASPs (GONÇALVES, 2015). No entanto, informações sobre o componente arbóreo para estes sistemas, normalmente, são baseadas em conhecimentos tecnológicos das espécies provenientes de monocultivos, cujos desempenhos, em condições edafoclimáticas e de manejo específico, podem não proporcionar resultados satisfatórios em SASPs.

Entre as tecnologias consolidadas para o eucalipto, o desenvolvimento de materiais genéticos (híbridos) se destaca no mercado florestal. Xavier e Silva (2008) comentam que a produção clonal de híbridos de espécies de eucaliptos são uma realidade que aumenta significativamente a produtividade dos povoamentos florestais, já que a combinação de características de duas ou mais espécies podem favorecer um material genético adaptar em condições ambientais e silviculturais específicas.

Apesar do conhecimento consolidado sobre o crescimento e produção de clones de eucalipto em monocultivos, a simples adoção desses materiais genéticos podem não implicar em produtividades satisfatórias em SASPs, considerando que, na maioria dos casos, são desenvolvidos por empresas, em condições edafoclimáticas e de manejo específicas. Neste aspecto, torna-se importante a escolha adequada de materiais genéticos melhores adaptados às condições ambientais locais e arranjos espaciais dos SASPs, visando alcançar produtividades satisfatórias e gerar informações sobre o potencial de produção madeireira destes sistemas em diferentes regiões.

A adoção de espaçamentos de plantio mais amplos em SASPs impõem alterações nas características dendrométricas das árvores, que também podem variar conforme o manejo e material genético (OLIVEIRA et al., 2009; OBOLARI, 2017). Os modelos utilizados para estimar o crescimento, a produção e a forma do fuste das árvores também são, em sua maioria, adaptados de plantios convencionais, sendo, portanto, importantes as análises de modelos para SASPs (MULLER et al., 2014).

A aplicação de modelos hipsométricos, volumétricos e de afilamento em povoamentos de monocultivos arbóreos apresentam expressivo banco de dados (GARAY, 1979; CAMPOS et al., 1984; AZEVEDO et al., 1999; SOUZA et al., 2016a LUSTOSA JUNIOR et al., 2017; CAMPOS et al., 2017). No entanto, informações sobre o comportamento do ajuste desses modelos para sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris ainda não estão plenamente consolidados, destacando-se os trabalhos realizados por Paula et al. (2013); Muller et al. (2014); Fernandes et al. (2017) e Cerqueira et al. (2017).

## **3.2. OBJETIVOS**

### **3.2.1. Objetivo geral**

Avaliar características dendrométricas e de crescimento de três clones de eucalipto e identificar o material genético mais produtivo em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG.

### **3.2.2. Objetivos específicos**

1. Avaliar a dinâmica de crescimento em diâmetro dos clones;
2. Avaliar e selecionar modelos hipsométricos e volumétricos;
3. Estimar e comparar a produtividade madeireira;
4. Selecionar modelos de afilamento e avaliar o perfil do fuste.

### 3.3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.3.1. Caracterização da área de estudo

O experimento foi implantado no município de Coronel Xavier Chaves, região Leste do Estado de Minas Gerais, na microrregião do Campo das Vertentes, no bioma Mata Atlântica (IBGE, 2018). O local está inserido na bacia hidrográfica Vertentes do Rio Grande, onde predominam as classes de solos Latossolos e Cambissolos (BARUQUI et al., 2006) e clima do tipo Cwb pela classificação de Köppen, com duas estações climáticas bem definidas (verão úmido e inverno seco). A precipitação média ocorre em torno de 1.400 mm anuais, distribuídos entre os meses de outubro a abril, e a temperatura média anual de 19 °C (FERREIRA et al., 2015).

A economia do município é baseada no comércio agropecuário local, mais especificamente na criação de gado leiteiro. No entanto, outras atividades comerciais também podem ser identificadas na região, como a venda de madeira para uso na construção civil e para demandas de pequenas propriedades rurais da região (SOUZA et al., 2013).

#### 3.3.2. Caracterização do experimento

Para implantação do sistema agrossilvipastoril foi realizada a dessecação da forrageira (*Brachiaria* spp.) e calagem do solo. O sistema foi implantado em 2009, em área de aproximadamente de 4 ha, com cultivo de milho (*Zea mays*) + gramínea forrageira (*Brachiaria Brizantha* cv. Marandu) + componente animal (gado leiteiro) + componente arbóreo (eucalipto).

Inicialmente foram implantados o milho e o capim-braquiária, sendo o milho em espaçamento de 0,80 m entre linhas e densidade de 65.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O capim-braquiária foi semeado nas linhas e entrelinhas de plantio do milho, aplicando-se 20 kg de sementes por hectare.

O plantio do eucalipto foi realizado manualmente, em fileiras duplas, no arranjo espacial 3 x 2 + 30 m, sendo três metros entre fileiras, dois metros entre plantas na fileira e 30 metros entre as fileiras duplas (renques), proporcionando 303 árvores ha<sup>-1</sup>. Foram utilizados três clones híbridos de eucalipto, comercialmente denominados Ve01; Ve06 e Ve07, pelo Viveiro Esteio, em São João del-Rei, MG.

Para o cultivo do milho realizou-se a adubação de implantação, com 400 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (08-28-16), e de cobertura, com 350 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (20-05-20). A adubação

para o eucalipto foi realizada em covetas laterais a 15 cm de distância das mudas. Foram realizadas duas adubações, a primeira, no plantio, sendo aplicada 52,5 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (8-28-16) e a segunda, de cobertura, com aplicação de 105 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (20-05-20). Para a reforma da pastagem, foi realizada a aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples.

Na Tabela 1 são apresentados os atributos químicos do solo da área após a correção e adubação.

Tabela 1. Análise química do solo da área de implantação do sistema agrossilvipastoril, após a correção e adubação, em Coronel Xavier Chaves, MG

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m
	mg dm <sup>-3</sup>		Cmolc dm <sup>-3</sup>							%	
5,6	2,4	50	1	0,4	0,1	4,3	1,5	1,6	5,8	26	6

pH em água; P e K - Extrator Mehlich 1; Ca e Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol L<sup>-1</sup>; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> - pH 7,0; SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases; m = Índice de Saturação de Alumínio.

Após o cultivo do milho e implantação da pastagem, aos 12 meses, foi inserido o componente animal. O manejo do gado leiteiro foi realizado em piquetes, limitando o pastejo até que a altura mínima de 20 cm do capim fosse atingida, quando era realizada a transferência dos animais para outro piquete.

### 3.3.3. Distribuição diamétrica

Para as análises de crescimento e produção do componente arbóreo, estabeleceram-se nove parcelas (198 m<sup>2</sup>), compostas por seis plantas cada.

Foram mensuradas a altura total (Ht) e a circunferência à altura de 1,3 m do solo (CAP) das árvores aos 24, 30, 36, 42, 72 e 96 meses de idade. Contudo, para a última avaliação, foram mensuradas apenas 50% da Ht das árvores de cada parcela, sendo as alturas faltantes estimadas por modelos hipsométricos. A variável Ht foi mensurada por meio de hipsômetro digital Vertex, enquanto que o CAP por uma fita métrica, sendo em seguida convertida em diâmetro.

Com os dados referentes ao diâmetro à altura 1,3 m do solo (DAP) foi realizada a análise de distribuição diamétrica das árvores em todas as idades, com amplitude de dois centímetros para cada centro de classe (CC), calculado pela Equação 1. Também foi calculada a área basal (AB) para todas as idades avaliadas, conforme Equação 2.

$$CC = \frac{\text{integral} \left( \frac{DAP}{\text{amplitude de classe}} \right)}{\text{amplitude de classe} + 1} \quad (\text{Equação 1})$$

$$AB = \frac{\pi * DAP^2}{40000} \text{ (Equação 2)}$$

Em que:

CC- centro de classe (cm);

AB- área basal ( $m^2 ha^{-1}$ )

DAP- diâmetro à altura de 1,3 m (cm);

n- número de observações.

### 3.3.4. Produção volumétrica

Foi realizada cubagem das árvores aos 96 meses por meio de um método não destrutivo, sendo selecionadas três árvores por classe diamétrica. As árvores selecionadas tiveram seu fuste seccionado e, em seguida, foram medidos os valores de diâmetro nas alturas 0; 0,3; 0,7; 1 e 1,3 m acima do nível do solo. A partir deste ponto do tronco utilizou-se o Pentaprisma de Wheeler para mensuração do diâmetro ao longo do fuste, com intervalos de um metro de altura, até o limite de diâmetro mínimo em 7 cm. O volume de cada seção foi calculado por meio da equação de Smalian (Equação 3).

$$V = \frac{AS_1 + AS_2}{2} \times L \text{ (Equação 3)}$$

Em que:

V – volume ( $m^3$ )

AS - área seccional ( $m^2$ );

L - comprimento da seção (m).

Para a estimação das alturas individuais das árvores foram avaliados os modelos hipsométricos de Campos et al., (1984) (Equação 4) e Curtis (1967) (Equação 5). Para estimar o volume das árvores foram ajustados os modelos volumétricos de Schumacher-Hall (1933) (Equação 6), de Spurr (1952) (Equação 7) e o de Koperzky-Gehrhardt (Equação 8). O software estatístico utilizado para gerar as equações hipsométricas e volumétricas foi o STATISTIC 13.0.

$$\ln(Ht) = \beta_0 + \beta_1 * DAP + \beta_2 * \ln(Hd) + \varepsilon \text{ (Equação 4)}$$

$$\ln(Ht) = \beta_0 + \beta_1 * \left(\frac{1}{DAP}\right) + \varepsilon \text{ (Equação 5)}$$

$$\ln(V) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(DAP) + \beta_2 * \ln(Ht) + \varepsilon \text{ (Equação 6)}$$



$$V = \text{Exp}\{\beta_0 + [\beta_1 * \text{Ln}(\text{DAP}^2 \text{Ht})]\} + \varepsilon \text{ (Equação 7)}$$

$$V = \beta_0 + \beta_1 * \text{DAP}^2 + \varepsilon \text{ (Equação 8)}$$

Em que:

V- volume (m<sup>3</sup>);

Ht – altura total (m);

$\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  – parâmetros a serem estimados;

DAP – diâmetro à altura de 1,3 m do solo (cm);

Hd - altura dominante (m).

Para a seleção do melhor modelo, tanto hipsométrico quanto volumétrico, foi realizada análise do erro padrão residual ( $S_{y.x}$ ) (Equação 9) e o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajustado) (Equação 10), além da avaliação visual dos gráficos de resíduos.

$$S_{y.x} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y - \hat{Y})^2 / (n - k)} \text{ (Equação 9)}$$

$$\overline{R^2} = 100[1 - (n - 1/n - p - 1)(1 - R^2)] \text{ (Equação 10)}$$

Em que:

n - número de observações;

y - valor observado;

$\hat{Y}$  - valor estimado;

k e p - número de parâmetros do modelo.

Após seleção dos modelos para estimar a altura e o volume das árvores dos três clones, foi aplicado o teste de identidade de modelos (teste F ( $FH_0$ ) de Graybill, 1976) para avaliar a necessidade de adoção de uma equação individual para cada clone ou a utilização de uma equação que representasse todos os materiais genéticos estudados. Também foi analisada a distribuição do volume em função dos centros de classes diamétricas.

Posteriormente, as médias volumétricas dos clones foram comparadas entre si pelo teste t de Student para médias independentes, a 5% de probabilidade. A aplicação deste teste foi realizada pelo software estatístico SISVAR 5.6.

### 3.3.5. Afilamento do fuste

Para análise do perfil do fuste dos clones foram testados quatro modelos de afilamento, apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Modelos de afilamento para a estimação do perfil do fuste de árvores dos clones em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG

Modelo de afilamento	Representação do modelo
Kozak et al. (1969)	$\left(\frac{d}{DAP}\right)^2 = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h}{Ht}\right) + \beta_2 \left(\frac{h}{Ht}\right)^2 + \varepsilon$
Garay (1979)	$\frac{d}{DAP} = \beta_0 [1 + \beta_1 \text{Ln}(1 - \beta_2 h^{\beta_3} \cdot Ht^{-\beta_3})] + \varepsilon$
Demaerschalk (1972)	$\left(\frac{d}{DAP}\right)^2 = 10^{2\beta_0} \cdot DAP^{2\beta_1 - 2} \cdot L^{2\beta_2} \cdot Ht^{2\beta_3} + \varepsilon$
Ormerod (1973)	$\left(\frac{d}{DAP}\right)^2 = \left[\frac{h - Ht}{Ht - 1,30}\right]^{2\beta_1} + \varepsilon$

d= diâmetro na altura h (m); DAP= diâmetro com casca a altura de 1,3 m (m); h = distância do solo até o ponto onde o diâmetro d é considerado (m); Ht = altura total (m);  $\beta_i$ = parâmetros;  $\varepsilon$  = erro aleatório, e  $\sim$ NID (0, $\sigma$ ).

Em seguida, foi verificado através do teste de Graybill (1976) se os perfis de afilamento dos fustes dos clones estudados são diferentes entre si a 5% de probabilidade.

A seleção do modelo que melhor representasse o perfil de afilamento dos fustes de cada clone foi realizada por meio da análise comparativa das estatísticas, a seguir: soma de quadrado dos resíduos (SQRes); coeficiente de correlação entre os valores estimados e observados (Ryy); erro sistemático (Bias) e raiz quadrada do erro médio (RQEM). Também foi considerada a representação gráfica do perfil do fuste e dos dados “estimados x observados” como auxílio na escolha do modelo de afilamento que melhor representasse as árvores de cada clone. Em seguida, foi verificado, pelo teste t, se os perfis de afilamento dos clones são diferentes entre si ao nível de 5% de significância.

### 3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.4.1. Distribuição diamétrica

Na Figura 1 é apresentada a distribuição diamétrica das árvores dos clones avaliados aos 96 meses de idade.

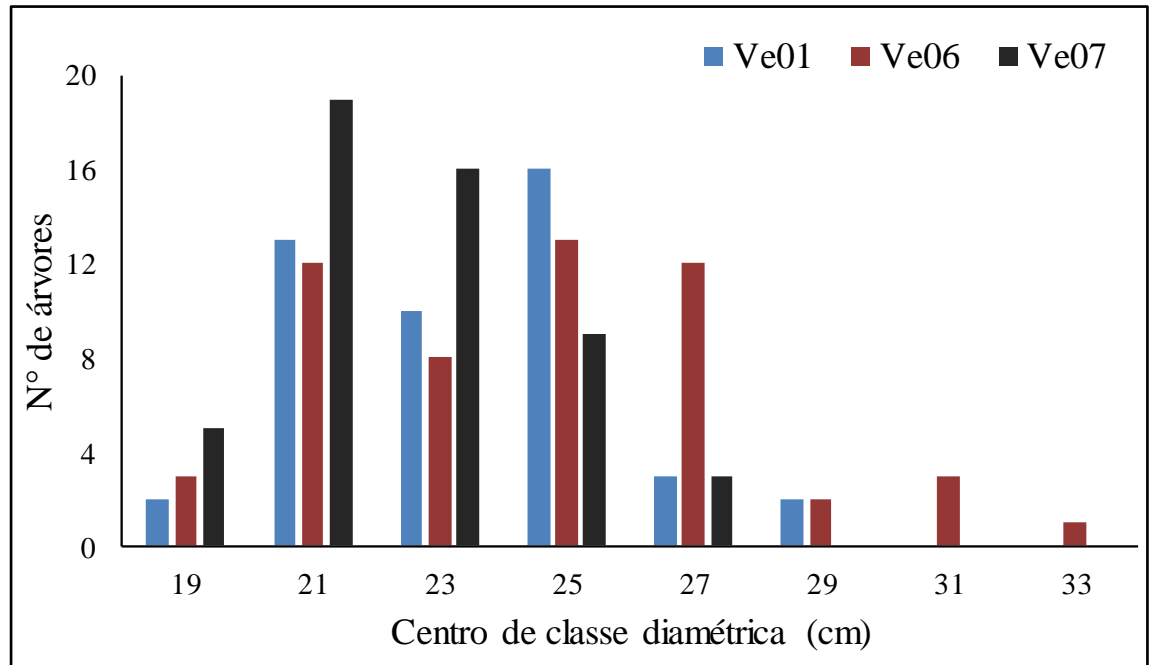


Figura 1. Distribuição de indivíduos arbóreos de clones de eucalipto em centros de classes diamétricas, em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG.

Bartoszeck et al. (2004) e Binoti et al. (2012) mencionam que a distribuição diamétrica é um dos indicadores de adaptação às condições ambientais locais, além de ser possível avaliar a dinâmica de crescimento das árvores. Assim, a seleção de materiais genéticos por meio da distribuição diamétrica deve ser considerada uma alternativa viável e de fácil obtenção e análise.

Em termos comparativos, o clone Ve06 apresentou maior número de indivíduos arbóreos nos quatro maiores centros de classe (CC) (27, 29, 31 e 33 cm), sendo o único com árvores nos dois maiores CC. As árvores dos clones Ve01 e Ve07 apresentam maior frequência nos quatro menores CC.

Na Figura 2 são apresentadas informações sobre a área basal (AB) em função dos materiais genéticos e épocas de avaliação.

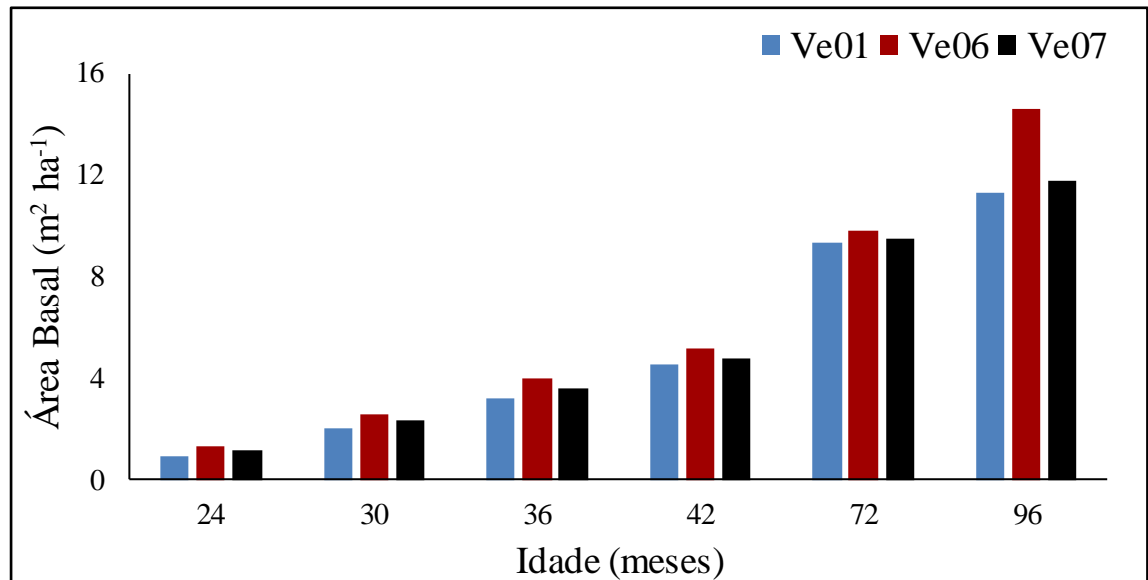


Figura 2. Área basal de clones de eucalipto em função de idades, em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG.

Aos 96 meses de idade, a AB do clone Ve06 apresenta superioridade de 22,66% e 19,37%, respectivamente, aos clones Ve01 e Ve07. A AB pode expressar, de uma maneira geral, a área de ocupação madeireira do povoamento florestal e, portanto, identifica-se aparente superioridade do clone Ve06 em relação aos demais.

Kruschewsky et al. (2007) avaliaram, no Cerrado de Minas Gerais, a AB para o eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* x *Eucalyptus urophylla*) em quatro espaçamentos, sendo um implantado em sistema agrossilvipastoril com arranjo espacial 10 x 2 m (500 árvores ha<sup>-1</sup>). Esses autores identificaram que aos 67 meses de idade a área basal para este tratamento era de 15,09 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, sendo superior aos valores encontrados neste estudo. No entanto, esse valor é relativamente próximo ao do clone Ve06.

Ainda de acordo Kruschewsky et al. (2007), a AB está diretamente relacionada a densidade de plantio e, portanto, embora o presente estudo tenha maior tempo de avaliação, ele apresenta densidade de plantio 40,4% a menos que o utilizado pelos autores supracitados, sendo justificado essa inferioridade nos valores de AB.

### 3.4.2. Ajuste de modelos

As estimativas e parâmetros estatísticos gerados para os modelos hipsométricos de Campos et al., (1984) e Curtis (1967) para os três clones estudados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Parâmetros e estatísticas dos modelos hipsométricos de Campos e de Curtis ajustados aos clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG

Modelos hipsométricos	Clones	Parâmetros	Estimativas	Erro padrão	p-valor	Sy.x	R <sup>2</sup> ajustado
Campos	Ve01	$\beta_0$	3,3247	1,1136	<0,05	4,1533	0,4347
		$\beta_1$	0,0360	0,0139	<0,05		
		$\beta_2$	-0,3041	0,3350	0,3729		
	Ve06	$\beta_0$	0,2348	1,1363	0,8379	3,1878	0,6506
		$\beta_1$	0,0250	0,0070	<0,05		
		$\beta_2$	0,7320	0,3298	<0,05		
	Ve07	$\beta_0$	2,3481	0,7063	<0,05	3,3555	0,3456
		$\beta_1$	-0,0141	0,0122	0,2593		
		$\beta_2$	0,3854	0,2100	0,0794		
Curtis	Ve01	$\beta_0$	4,0492	0,3265	<0,05	4,0166	0,4746
		$\beta_1$	-20,2934	7,5276	<0,05		
	Ve06	$\beta_0$	4,1183	0,1839	<0,05	3,3602	0,6033
		$\beta_1$	-17,0066	4,4090	<0,05		
	Ve07	$\beta_0$	3,0106	0,2851	<0,05	3,4559	0,1883
		$\beta_1$	5,9046	6,2856	0,3569		

O teste F (FH<sub>0</sub>) de Graybill (1976) foi significativo ( $p < 0,05$ ) para as equações hipsométricas, sendo, portanto, indicado o ajuste de equações distintas para cada um dos clones avaliados, demonstrando diferenças em seus padrões de crescimento que influenciaram o ajuste das estimativas para os modelos hipsométricos.

Outros autores também aplicaram o teste de Graybill (1976) e verificaram a necessidade de ajustes de equações independentes para melhor precisão das estimativas em modelos hipsométricos, tanto em monocultivo (AZEVEDO et al., 1999) quanto em sistema silvipastoril (PAULA et al., 2013; SILVA, 2016).

Ao comparar os dois modelos observa-se elevado grau de semelhança entre suas estatísticas, principalmente para os parâmetros Sy.x e o R<sup>2</sup> ajustado. Contudo, observa-se maior disparidade do R<sup>2</sup> ajustado para o clone Ve07, sendo 0,34 e 0,18 para o modelo de Campos e Curtis, respectivamente. Ressalta-se que o clone Ve07, diferente dos demais, não apresentou ajuste significativo para os parâmetros, tanto no modelo de Campos quanto para o modelo de Curtis.

Como meio de abordar essa fragilidade da relação hipsométrica, Machado et al., (2011) estudaram as relações hipsométricas de um povoamento de *Pinus oocarpa*, que recebeu sucessivos desbastes, e observaram que quanto mais amplos os espaçamentos se

tornavam, menor se mostrava a relação hipsométrica, de modo que essa relação se tornou não significativa quando em maiores espaçamentos entre as árvores.

O  $R^2$  ajustado, medida que dimensiona a precisão da equação estimada, para os dois modelos testados foi relativamente baixo para todos os clones. Contudo, essa baixa precisão dos modelos estimados para SASPs é relatada em outros trabalhos científicos, como o de Moraes Neto et al. (2010) e Obolari (2017) que observaram  $R^2$  ajustados semelhantes aos encontrados neste estudo.

Embora a evidente fragilidade das relações hipsométricas das árvores cultivadas em SASPs, Muller et al. (2014) observaram que os parâmetros estatísticos das equações geradas foram capazes de estimar a Ht das espécies *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium* com adequada eficiência, observando  $R^2$  ajustado acima de 80% para os modelos testados.

Como auxílio para escolha do modelo hipsométrico, na Figura 3 são apresentados os gráficos de resíduos.

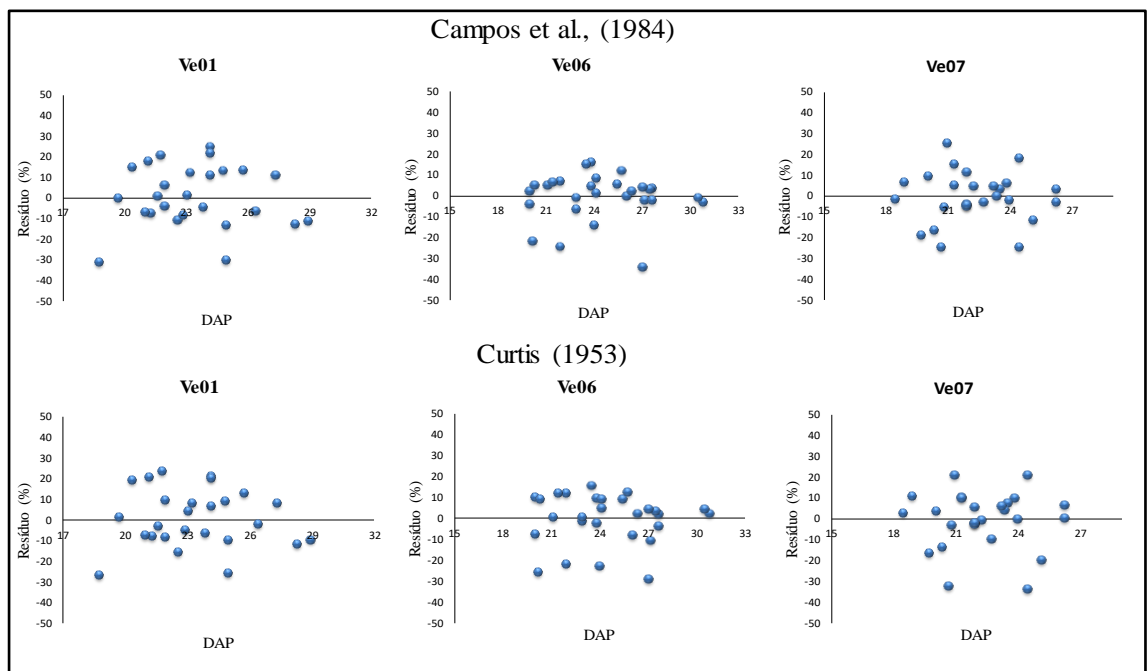


Figura 3. Resíduos em função do DAP para os modelos hipsométricos ajustados para clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG.

Os resíduos das equações hipsométricas apresentaram independência e homogeneidade, sendo identificadas dispersões dos resíduos satisfatórias, sem fortes tendências de sub ou superestimação dos dados, com comportamento típico de equações de baixo coeficiente de determinação (CAMPOS et al., 2013).

Avaliando os parâmetros estatísticos e os gráficos de resíduos para os dois modelos hipsométricos testados, não é possível observar diferenças que justifiquem com clareza a superioridade de um dos modelos para os clones avaliados. Porém, o modelo de Campos et al., (1984) apresenta leve tendência de superioridade para estimação das alturas das árvores.

Para a estimação do modelo volumétrico mais adequado aos clones, foram geradas equações com base nos modelos de Schumacher-Hall, Spurr e Koperzky-Gehrhardt (Tabela 4). Os ajustes dos modelos volumétricos foram diferentes estatisticamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste F ( $F_{H_0}$ ) de Graybill (1976), indicando que os materiais genéticos possuem aspectos dendrométricos que influenciam de maneira significativa a estimação de volume.

Tabela 4. Parâmetros e estatísticas dos modelos volumétricos de Schumacher-Hall, Spurr e Koperzky-Gehrhardt aplicados aos clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG

Modelos volumétricos	Clones	Parâmetros	Estimativas	Erro padrão	p-valor	Sy.x	R <sup>2</sup> ajustado
Schumacher-Hall	Ve01	$\beta_0$	-9,4551	0,7751	<0,05	0,0415	0,9743
		$\beta_1$	2,3951	0,2395	<0,05		
		$\beta_2$	0,3726	0,2321	0,1595		
	Ve06	$\beta_0$	-9,9858	1,1191	<0,05	0,1623	0,9371
		$\beta_1$	2,5983	0,4757	<0,05		
		$\beta_2$	0,3922	0,4417	0,3976		
	Ve07	$\beta_0$	-7,9038	1,8435	<0,05	0,0427	0,9215
		$\beta_1$	2,2001	0,3324	<0,05		
		$\beta_2$	0,0971	0,3808	0,8070		
Spurr	Ve01	$\beta_0$	-10,3779	1,5071	<0,05	0,0663	0,9223
		$\beta_1$	1,0204	0,1548	<0,05		
	Ve06	$\beta_0$	-11,9540	-8,7727	<0,05	0,1578	0,9519
		$\beta_1$	1,1859	8,9668	<0,05		
	Ve07	$\beta_0$	-10,0142	2,0203	<0,05	0,0673	0,8226
		$\beta_1$	0,9776	0,2089	<0,05		
Koperzky-Gehrhardt	Ve01	$\beta_0$	-0,1441	0,0675	0,0701	0,0461	0,9629
		$\beta_1$	0,0011	0,0001	<0,05		
	Ve06	$\beta_0$	-0,4815	0,1614	<0,05	0,1835	0,9345
		$\beta_1$	0,0019	0,0002	<0,05		
	Ve07	$\beta_0$	-0,0466	0,0751	0,5541	0,0424	0,9381
		$\beta_1$	0,0010	0,0001	<0,05		

Ao avaliar comparativamente os três modelos volumétricos, não se verificam expressivas diferenças entre os parâmetros Sy.x e R<sup>2</sup> ajustado, sendo considerados

aceitáveis para todos os modelos, corroborando resultados encontrados em outros estudos relacionados (PAULA et al., 2013; MULLER et al., 2014; TONINI e BORGES 2015; FERNANDES et al., 2017).

Diferentemente do modelo de Spurr, nem todos os parâmetros para os modelos de Schumacher-Hall e Koperzky-Gehrhardt foram significativos ( $p < 0,05$ ) (Tabela 4). Tratando-se de um modelo de dupla entrada (DAP e Hd) os parâmetros referentes a Hd para nenhum dos clones foi significativo, indicando certa incoerência do modelo, uma vez que a altura da árvore influencia diretamente o volume do fuste.

As alturas das árvores variaram pouco entre as classes diamétricas, sendo esse o motivo pelo qual o parâmetro Hd não apresentou significância estatística. Portanto, por tal resultado não se tratar de uma visão biológica dos dados, pode-se inferir que essa variável é importante para composição do modelo de Schumacher-Hall e, conseqüentemente, para a estimar o volume das árvores.

O modelo de Koperzky-Gehrhardt obteve desempenho satisfatório e adequado para estimativa do volume das árvores deste estudo. Porém, observa-se (Tabela 4) que para os clones Ve01 e Ve07 a estimativa do parâmetro  $\beta_0$  foi não significativa ( $p > 0,05$ ). É importante ressaltar que este modelo é de entrada simples, facilitando seu uso em inventários de sistemas em menor escala junto a produtores rurais.

Na Figura 4 são apresentados os gráficos para análises dos resíduos dos modelos volumétricos aplicados aos clones.



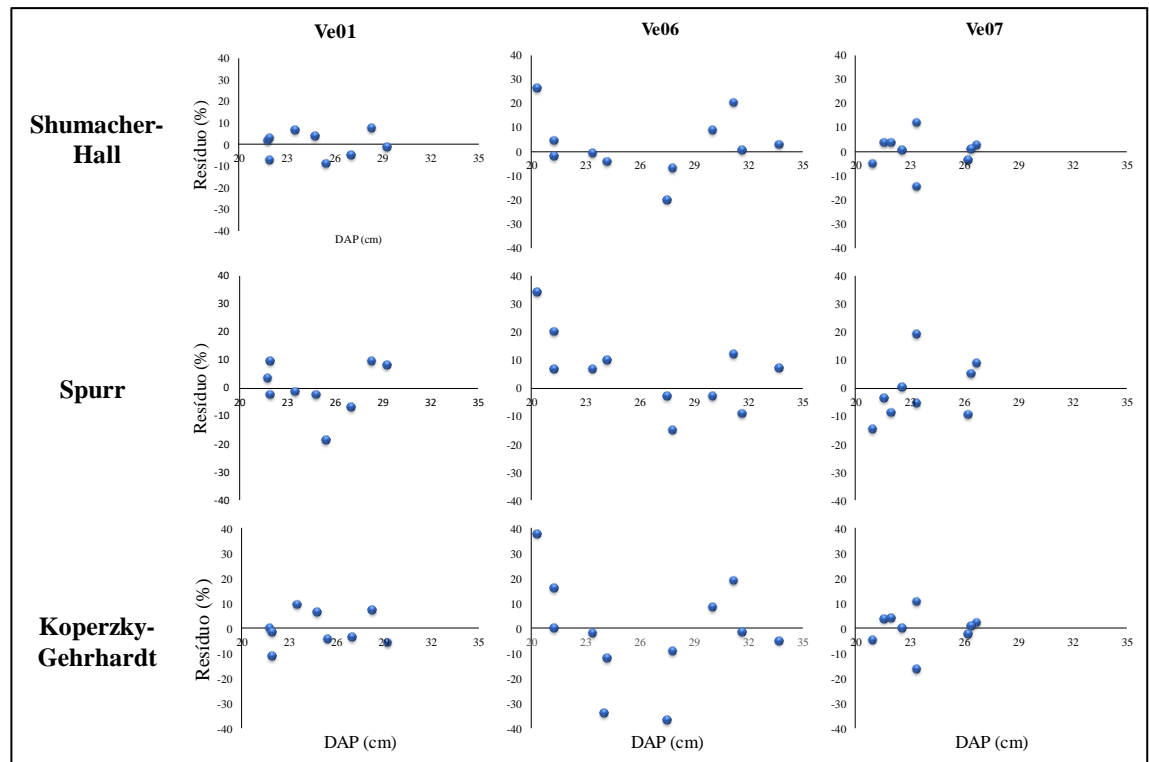


Figura 4. Resíduos em função do DAP para os modelos volumétricos aplicados aos clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG.

Através da análise gráfica dos resíduos observa-se que para o clone Ve01 o modelo de Spurr apresentou tendência de superestimar quando os valores de DAP eram menores, ao passo que para o clone Ve07 ocorreu tendência de subestimação. O modelo de Koperzky-Gehrhardt teve tendências de subestimação dos dados para o clone Ve01, já para o clone Ve06 esse modelo apresentou tendências de subestimar, em menores valores de DAP, e superestimar em valores médios de DAP.

O modelo de Schumacher-Hall para os clones Ve01 e Ve07 não apresentaram tendenciosidades expressivas para sub ou superestimação dos dados. Porém, no que se refere ao clone Ve06, o gráfico de resíduos demonstra tendência de superestimação dos volumes em menores valores de DAP.

As equações geradas pelo modelo de Schumacher-Hall, de modo geral, foram as que apresentaram melhores resultados para a estimativa do volume dos três clones. Em outros estudos com SASPs, visando testar e selecionar modelos para a estimação do volume de madeira, o modelo de Schumacher-Hall também apresentou resultados adequados para os parâmetros das equações (MULLER et al., 2014; FERNANDES et al., 2017).

### 3.4.3. Produção volumétrica

Na Tabela 5 são apresentadas a produção volumétrica, por planta e por área, e o incremento médio anual (IMA) dos clones.

Tabela 5. Volume e produtividade de clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril, aos 96 meses de idade, em Coronel Xavier Chaves, MG

Clone	Volume		IMA <sub>8</sub> (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
	(m <sup>3</sup> árvore <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	
Ve01	0,5140 <sup>b</sup>	151,8425	18,9803
Ve06	0,7545 <sup>a</sup>	228,8602	28,6075
Ve07	0,4947 <sup>b</sup>	147,7372	18,4671

Em que: IMA<sub>8</sub>- Incremento médio anual, aos 8 anos; mesma letra nas colunas são consideradas iguais pelo teste t de Student para médias independentes, a 5% de probabilidade.

A maior média volumétrica foi observada para o clone Ve06, que diferiu estatisticamente dos demais materiais genéticos ( $p < 0,05$ ). Em contrapartida, o clone Ve07 foi o que apresentou a menor média de volume, sendo igual estatisticamente ao Ve01.

Esses resultados são importantes por demonstrar que a baixa produtividade do componente florestal em um SASP também pode estar atribuída ao desempenho do material genético, e não apenas aos fatores comumente relatados, como o manejo do povoamento florestal, a competição entre os componentes e a baixa densidade de árvores por área.

Alguns autores (COUTINHO et al., 2004; PAVAN et al., 2014; COSTA et al., 2015; REIS et al., 2015) mencionam que a implantação de materiais genéticos de eucalipto que sejam mais produtivos e adaptados a condições específicas (clima, solo e/ou do nível tecnológico utilizado) pode contribuir para ganhos expressivos em produtividade e qualidade da madeira produzida em plantios comerciais.

Em SASPs a identificação de materiais genéticos que tenham melhor desempenho produtivo se torna importante, sobretudo considerando que o conhecimento sobre as técnicas silviculturais e dos materiais genéticos disponíveis são, em sua maioria, adaptados de monocultivos convencionais realizados em grandes empresas, que, normalmente, difere do manejo para SASP em condições de pequenas e médias propriedades rurais.

Embora todos os clones testados sejam híbridos provenientes das mesmas espécies, diferenças na expressão gênica são comuns em vários níveis, seja entre espécies,

entre variedades ou mesmo entre procedência (GUIMARÃES, 1993). O clone Ve06, provavelmente, apresentou melhor adaptação às condições edáficas e climáticas em relação aos demais.

Ao avaliar a produção madeireira de três híbridos de eucalipto em SASPs com dois arranjos espaciais, em linhas duplas (3 x 2 + 20 m) com 435 árvores ha<sup>-1</sup> e em linhas simples (9 x 2 m) com 555 árvores ha<sup>-1</sup>, aos 6 anos de idade, na região central de Minas Gerais, Gonçalves (2015) constatou que o material genético I144, cruzamento de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, foi o que apresentou melhor desempenho produtivo. Seu IMA<sub>6</sub> foi de 27,81 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, sendo próximo ao IMA observado para o clone Ve06 (Tabela 5).

É importante ressaltar que outras interpretações devem ser consideradas quanto a produção volumétrica apresentada na Tabela 5, como é o caso da competição exercida pelo componente arbóreo sobre a forrageira. Essa interação, provavelmente, está sendo exercida com maior grau de competição para o clone Ve06. Este material genético, por possuir maior produção madeireira e melhor adaptação as condições locais, deve afetar de forma mais intensa a produtividade da gramínea, e, possivelmente, ocasionar redução do fornecimento de forragem para os animais.

Ribeiro et al. (2017) alertam que para o sistema agroflorestal tenha viabilidade econômica, o produtor deve levar em consideração a produção do sistema como um todo e não apenas de seus componentes individuais, de forma a evitar que a alta produtividade de determinado componente, notadamente o florestal, ocasione perdas significativas no retorno financeiro esperado.

Na Figura 5 são apresentados os volumes dos indivíduos de cada clone em função das classes diamétricas.

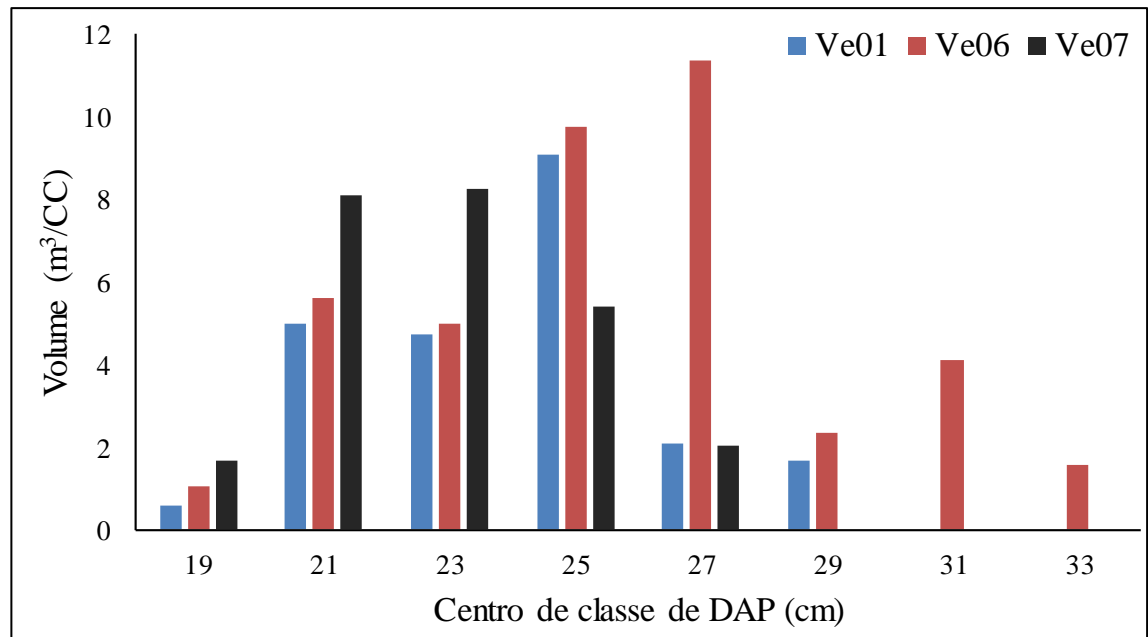


Figura 5. Distribuição do volume de clones de eucalipto, por centro de classe diamétrica, em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG.

Nota-se que a maior representatividade do volume para os clones Ve01 e Ve07 estão nas menores classes diamétricas, enquanto que para o clone Ve06 o volume está concentrado nas quatro maiores. Assim, constata-se que o volume apresentado pelo clone Ve06 é proveniente de árvores com maiores dimensões que os clones Ve01 e Ve07, ou seja, além de mais produtivo concentra sua produção em árvores com maiores diâmetros.

Em termos de mercado, espera-se que o clone Ve06 apresente maior retorno financeiro ao produtor, visto que este material genético é o que possui maior volume de madeira nas maiores classes diamétricas. Corroborando tal afirmação, Marangon et al. (2017) mencionam que o uso de árvores de eucalipto com diâmetro entre 23-33 cm de DAP estão mais propícios a utilização em serrarias.

#### 3.4.4. Afilamento do fuste

Na Tabela 6 estão apresentadas as informações referentes aos ajustes dos coeficientes, bem como os parâmetros estatísticos para os modelos de afilamento aplicados aos clones. Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para o afilamento dos fustes pelo teste F ( $FH_0$ ) de Graybill (1976), indicando que, pode-se utilizar apenas um modelo geral para estimação do perfil do fuste para os três clones.

Tabela 6. Parâmetros e estatísticas para os modelos de afilamento de fuste aplicados aos clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG

Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	SQRes	Ryy	Bias	RQEM
Demaerschalk	0,3884	1,0187	-1,1641	1,0373	1398,61	0,9665	-0,0604	1,7972
Kozak	1,2803	-5,5672	7,2272		1324,30	0,9683	-0,0392	1,7488
Ormerod	1,2000	2,0442		0,5000	1533,04	0,9632	-0,2810	1,8816
Garay	1,2401	4,9543	0,1929	0,4993	1172,35	0,9720	-0,0415	1,6454

Os três materiais genéticos utilizados neste estudo são provenientes do cruzamento entre *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*, assim, é possível que o fato de não ter ocorrido diferenças significativas entre os perfis dos clones seja em razão de predominância das características genéticas dessas espécies para esta variável. Embora possa ocorrer variações dentro do mesmo material genético, características dendrométricas, como a forma do fuste, tendem a herdarem padrões específicos das espécies que as originaram (FINGUER et al., 1995; CAMPOS E LEITE, 2013; SOUZA et al., 2016b).

Na Tabela 6 é possível observar que todos os modelos de afilamento apresentaram coeficiente Ryy acima de 95%, indicando bons ajustes. Porém, para o modelo de Garay, o Ryy apresentou maior relação (97,20%) e os menores valores para os parâmetros de SQRes, o qual estima o que não pode ser explicado pela aplicação do modelo.

O RQEM, utilizado para estimar a precisão, foi maior para o modelo de Demaerschalk, ao passo que o Bias, medida que expressa o erro sistemático ou tendenciosidades do modelo, foi menor para o modelo de Ormerod.

Souza et al. (2016a) afirmam que os parâmetros estatísticos representam uma informação incompleta sobre o ajuste dos modelos para o afilamento do fuste, se tratando apenas de uma estimativa. Assim, é necessário que haja interpretação gráfica dos modelos para que a escolha do melhor seja baseada no máximo de informações possíveis.

Na Figura 6 estão apresentados os gráficos da relação entre o diâmetro “observado e estimado”.

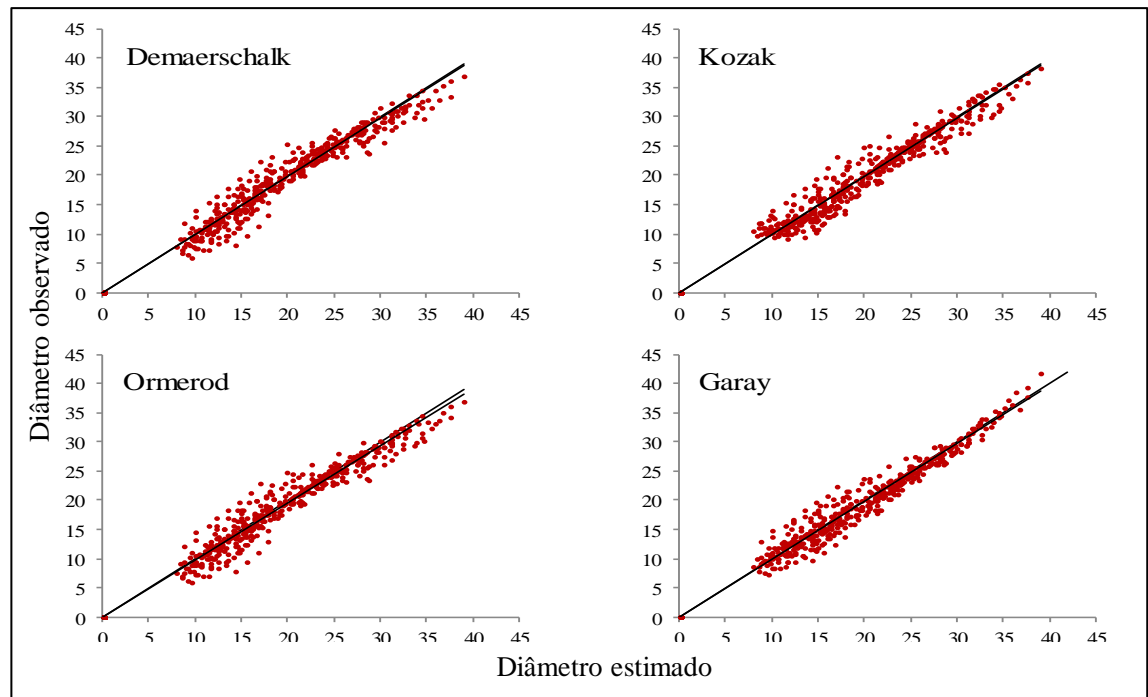


Figura 6. Relação dos valores “observados x estimados” para as equações segundo os modelos de afilamento aplicados aos clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG.

Os modelos de Demaerschalk e Ormerod apresentam tendenciosidades de subestimação para os maiores valores de diâmetro. No entanto, possuem comportamento contrário, superestimando os dados para os valores medianos de diâmetro.

O modelo de Kozak possui boa distribuição dos dados, com leves tendências a subestimação para os maiores valores de diâmetro. Já o de Garay foi o que apresentou melhor distribuição dos pontos plotados, possuindo, relativamente, adequada precisão dos valores estimados, sem fortes tendências de sub ou superestimação dos dados.

Lustosa Junior, et al. (2017) avaliaram o perfil de fuste gerado por vários modelos de afilamento para híbridos de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*), em espaçamento de 3 x 2 m, e observaram que os modelos de Demaerschalk e Ormerod apresentaram tendenciosidades de subestimação dos dados, ao passo que os valores que apresentaram menor tendenciosidade foi o de Garay. Os modelos de Demaerschalk e Ormerod também apresentaram tendenciosidades para a caracterização do perfil do fuste em árvores de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp. (CAMPOS et al., 2017).

Ainda para auxílio na escolha do modelo de afilamento que melhor se ajustou aos dados do presente estudo, foi realizada análise visual dos perfis médios dos fustes para cada modelo de afilamento (Figura 7).

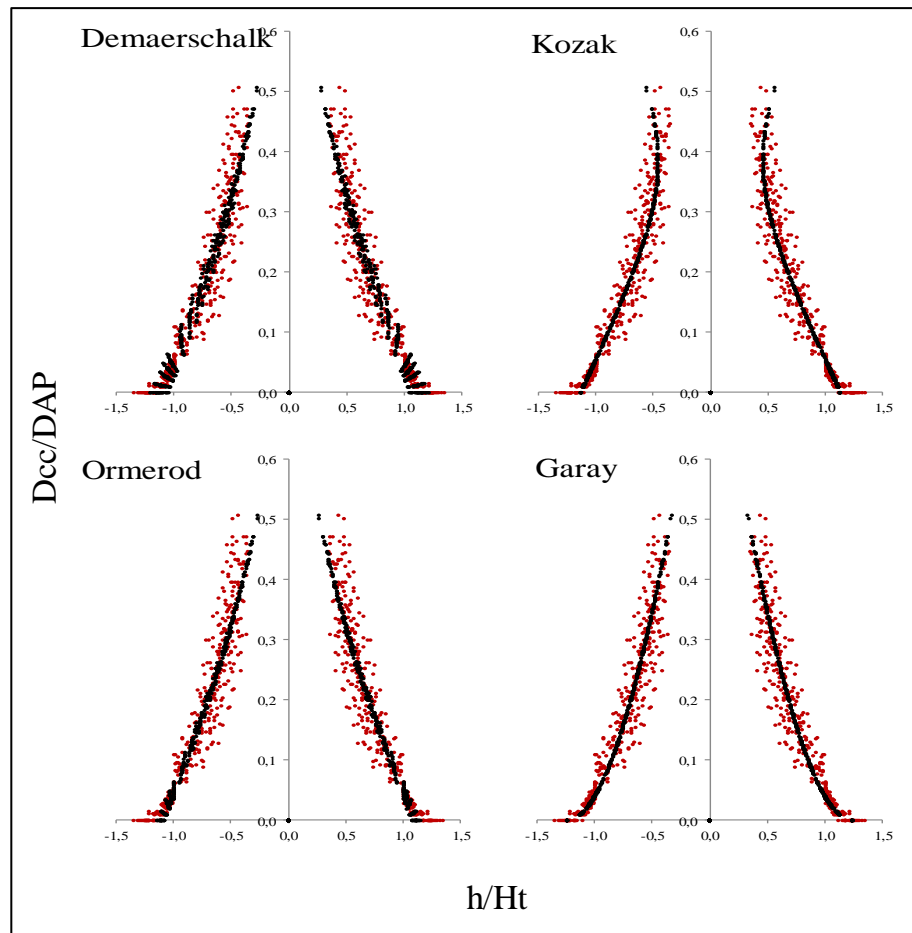


Figura 7. Perfis médios dos fustes das árvores dos clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG.

Pela análise gráfica do perfil do fuste das árvores, é possível observar que o modelo de Kozak apresenta inconsistência para as maiores alturas, com o diâmetro apresentando crescimento incomum do ponto de vista biológico. Os modelos de Demaerschalk e Ormerod possuem adequada representação do perfil do fuste para as menores alturas, porém, na parte superior do gráfico, esses modelos apresentam uma repentina redução do diâmetro, e, conseqüentemente, um afilamento desproporcional com o observado em campo.

O modelo de Garay é o que possui representação gráfica do perfil do fuste que melhor se assemelha com os indivíduos em campo, tendo adequada distribuição dos pontos estimados ao longo das várias seções das árvores.

Em termo gerais, ao avaliar os parâmetros estatísticos dos modelos (Tabela 6), os gráficos de correlação entre os dados “estimados x observados” (Figura 6) e os perfis médios do fuste para os modelos de afilamento (Figura 7), pode-se afirmar que o modelo de Garay é o que apresenta os melhores resultados para estimação do perfil do fuste. Este

modelo é um dos mais utilizados para estimação do afilamento do fuste em diversas espécies (NOGUEIRA et al., 2008a; SOUZA, et al., 2016b; CAMPOS et al., 2017; LUSTOSA JÚNIOR, 2017). Contudo, sua utilização está frequentemente associada a monocultivos arbóreos com espaçamentos convencionais.

A aplicação de modelos de afilamento tradicionais, idealizados para cultivos em espaçamentos convencionais de monocultivo, também podem servir como alternativas viáveis para a estimação do perfil do fuste de árvores em SASPs. Porém, nesse modelo de cultivo os indivíduos arbóreos tendem possuir maior conicidade do tronco que os povoamentos florestais convencionais em monocultivo. Essa característica peculiar das árvores em SASPs pode influenciar a precisão dos modelos de afilamento.

O estudo desenvolvido por Muller et al., (2014) também teve como objetivo selecionar modelos de afilamento para as espécies *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangium* cultivados em SASP na Zona da Mata mineira. Esses autores observaram que o modelo de Garay foi o que apresentou os melhores resultados para estimar o perfil dos fustes, corroborando com o presente estudo e reforçando a ideia de que em maiores espaçamentos, característicos de SASPs, o modelo de Garay também apresenta desempenho satisfatório.

O bom desempenho do modelo de Garay, seja para monocultivos ou em SASPs, indica que ele possui alta capacidade de estimar, e representar biologicamente, a forma do fuste das árvores, além de apresentar alta flexibilidade, sendo capaz de descrever sutis variações na forma do fuste para uma grande variedade de espécies (SOUZA et al., 2016a; LEITE et al., 2006; GARAY, 1979).



### 3.5. CONCLUSÕES

O modelo hipsométrico que melhor se ajustou aos dados foi o de Campos et al., (1984), enquanto que o modelo volumétrico de Schumacher-Hall (1953) foi o que apresentou os melhores resultados para a estimação do volume das árvores.

O modelo de afilamento mais adequado para análise dos fustes dos clones foi o de Garay (1979).

O clone Ve06 foi o material genético mais produtivo, indicando melhor adaptação às condições edáficas e climáticas para as condições do sistema agrossilvipastoril avaliado.

### 3.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, C. P.; MUROYA, K.; GARCIA, L. C.; MOURA, J. B.; NEVES, E. J. M. Relação hipsométrica para quatro espécies florestais em plantio homogêneo e em diferentes idades na Amazônia Ocidental. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n. 39, p.5-29, 1999.
- BARTOSZECK, A. C. P. S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. A. Distribuição diamétrica para bracatingais em diferentes idades, sítios e densidades na Região Metropolitana de Curitiba. **FLORESTA**, v. 34, n. 3, p. 305-323, 2004.
- BARUQUI, A. M.; NAIME, U. J.; MOTTA, P. E. F.; FILHO, A. C. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da Zona Campos das Vertentes-MG**. Embrapa Solos - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 96. Rio de Janeiro. 2006. 326p.
- BINOTI, D. H. B.; BINOTI, M. L. M. D. S.; LEITE, H. G.; MELIDO, R. C. N.; SANTOS, F. L. D. Descrição da distribuição diamétrica de sistemas agrossilvipastoris utilizando as funções Weibull e Hiperbólica. **Revista Árvore**, v.36, n.2, p. 349-356, 2012.
- CAMPOS, B. P. F.; DA SILVA, G. F.; BINOTI, D. H. B.; DE MENDONÇA, A. R.; LEITE, H. G. Descrição do perfil do tronco de árvores em plantios de diferentes espécies por meio de redes neurais artificiais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 90, p. 99 – 107, 2017.
- CAMPOS, J. C. C; RIBEIRO, J. O.; PAULA NETO, F. **Inventário florestal nacional, reflorestamento: Minas Gerais**. Brasília, DF: IBDF, 1984. 126 p.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. 548p.
- CERQUEIRA, C. L.; MÔRA, R.; TONINI, H. Forma do fuste de eucalipto em diferentes arranjos de plantio e espaçamentos. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 3, p. 137-141, 2017.
- COELHO JÚNIOR, L.M.; RESENDE, J.L.P.; OLIVEIRA, A.D.; COIMBRA, L.A.B.; SOUZA, A.N. Análise de risco de um sistema agroflorestal sob situação de risco. **CERNE**, v. 14, n. 4, p. 368-378, 2008.

COSTA, R. B.; MARTINEZ, D. T.; SILVA, J. C.; ALMEIDA, B. C. Variabilidade e ganhos genéticos com diferentes métodos de seleção em progênies de *Eucalyptus camaldulensis*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 1, p. 69-74, 2015.

COUTINHO, J. L. B.; SANTOS, V. F. D.; FERREIRA, R. L. C.; NASCIMENTO, J. C. B. Avaliação do comportamento de espécies de *Eucalyptus* spp. na zona da mata pernambucana. I: Resultados do primeiro ano-2001. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 771-775, 2004.

CURTIS, R. O. Height-diameter and height-diameter-age equations for second-growth Douglas-fir. **Forest Science**, v. 13, n. 4, p. 365-375, 1967.

DEMAERSCHALK, J. P. Integrated systems for the estimations of tree taper and volume. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 3, n. 1 p. 90-4, 1973.

FERNANDES, A. M. V.; GAMA, J. R. V.; RODE, R.; DE OLIVEIRA MELO, L. Equações volumétricas para *Carapa guianensis* Aubl. e *Swietenia macrophylla* King em sistema silvipastoril na Amazônia. **Nativa**, v. 5, n. 1, p. 73-77, 2017.

FERREIRA, A. C.; ROCHA, L. C.; FIGUEIREDO, M. A. Análise do índice de qualidade água na bacia do córrego do Rio Acima, São João Del-Rei/MG. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v.3, n.15, p.94-105, 2015.

FINGER, C.A.G., ZANON, M.L.B., SCHNEIDER, P.R. et al. Funções de forma para *Eucalyptus dunnii* Maiden, implantados na depressão central e encosta do sudeste do Rio Grande do Sul. Santa Maria - RS. **Ciência Rural**, v. 25, n. 3, p. 399-403, 1995.

GARAY, L. **Tropical forest utilization system**. VIII. A taper model for entire stem profile including buttressing. Seattle: Coll. Forest. Resourch, Institute of Forest Products. University of Washington, 1979. 64 p.

GONÇALVES, S. V. M. **Desempenho silvicultural e qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* em sistema de integração lavoura pecuária floresta**. 2016. 89p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2015.

GRAYBILL, F.A. **Theory and application of the linear model**. Massachusetts: Duxbury Press, 1976. 704p.

GUIMARÃES, H. S. **Variabilidade genética para eficiência nutricional em progênies de *Eucalyptus camaldulensis* e *Eucalyptus citriodora***. 1993. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Dados Gerais do município. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=316250>>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2018.

KOZAK, A.; MUNRO, D. D.; SMITH, J. H. G. Taper Function and their Applications in Forest Inventory. **Forestry Chronicle**, v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969.

KRUSCHEWSKY, G. C.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; OLIVEIRA, T. D. Arranjo estrutural e dinâmica de crescimento de *Eucalyptus* spp., em sistema agrosilvipastoril no cerrado. **CERNE**, v. 13, n. 4, p. 360-367, 2007.

LEITE, H. G.; GAMA, J. V.; CRUZ, J. P.; SOUZA, A. L. Função de afilamento para *Virola surinamensis* (ROLL.) WARB. **Revista Árvore**, v. 30, n. 1, p. 99-106, 2006.

LEME, T. M. S.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; ALVIM, M. J.; AROEIRA, J. M. Comportamento de vacas mestiças holandês x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 668-675, 2005.

LOPES, L.B.; ECKSTEIN, C.; PINA, D. S.; CARNEVALLI, R. A.; The influence of trees on the thermal environment and behaviour of grazing heifers in Brazilian Midwest. **Tropical Animal Health Production**. v. 8, p. 755-761, 2016.

LUSTOSA JUNIOR, I. M.; OLIVEIRA LIMA, M. B.; NASCIMENTO, B. G.; MEIRA JUNIOR, M. S.; CASTRO, R. V. O. Modelos de afilamento e otimização de multiprodutos de um povoamento de *Eucalyptus* não desbastado. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 5, p. 59-65, 2017.

MACHADO, S. A.; BARROS, D. A.; SCOLFORO, J. R.; ACERBI JÚNIOR, F. W. The effects of successive thinning on the hypsometric function for *Pinus oocarpa* stands. **FLORESTA**, v. 41, n. 2, p. 397-406, 2011.

MARANGON, G. P.; COSTA, E. A.; ZIMMERMANN, A. P. L.; SCHNEIDER, P. R.; SILVA, E. A. Dinâmica da distribuição diamétrica e produção de eucalipto em diferentes idades e espaçamentos. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 1, p. 33-37, 2017.

MORAES NETO, S. P.; PULROLNIK, K.; VILELA, L.; MUNHOZ, D. D. M.; GUIMARAES JUNIOR, R.; MARCHÃO, R. L. Modelos hipsométricos para *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em sistema

**agrossilvipastoril**. Embrapa Cerrados - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Planaltina-DF, 2010. 34p.

MÜLLER, M. D.; SALLES, T. T.; PACIULLO, D. S. C.; BRIGHENTI, A. M.; DE CASTRO, C. R. T. Equações de altura, volume e afilamento para eucalipto e acácia estabelecidos em sistema silvipastoril. **FLORESTA**, v. 44, n. 3, p. 473-484, 2014.

NOGUEIRA, G. S.; LEITE, H. G.; REIS, G. G. MOREIRA, A. M. Influência do espaçamento inicial sobre a forma do fuste de árvores de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 855-860, 2008a.

NOGUEIRA, R. S.; OLIVEIRA, T. S.; TEXEIRA, A. S.; FILHO, J. A. A. Redistribuição de carbono orgânico e fósforo pelo escoamento superficial em sistemas agrícolas convencionais e agroflorestais no semi-árido cearense. **Revista Ceres**, v. 55, n. 4, p. 327-337, 2008b.

OBOLARI, A. M. M. **Produção e propriedades da madeira de clones de eucalipto em sistema agrossilvipastoril em visconde do rio branco, MG**. 2017. 66p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2017.

OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; LEITE, H. G. Arranjos estruturais do componente arbóreo em Sistema Agrossilvipastoril e seu manejo por desrama e desbaste. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 47-58, 2010.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 1, n. 60, p. 1-9, 2009.

ORMEROD, D.W. A simple bole model. **Forestry Chronicle**, v. 49, n. 3, p. 136-138, 1973.

PAULA, R. R.; REIS, G. G.; REIS, M. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; LEITE, H. G.; MELIDO, R. C.; LOPES, H. N. S.; SOUZA, F. Eucalypt growth in monoculture and silvopastoral systems with varied tree initial densities and spatial arrangements. **Agroforestry Systems**, v. 87, n. 6, p. 1295-1307, 2013.

PAVAN, B. E.; PAULA, R. C. D.; PERECIN, D.; SCARPINATI, E. A.; CANDIDO, L. S. Early selection in open-pollinated *Eucalyptus* families based on competition covariates. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 483-492, 2014.

REIS, C. A. F.; GONÇALVES, F. M. A.; RAMALHO, M. A. P.; ROSADO, A. M. Estratégias na seleção simultânea de vários caracteres no melhoramento do *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 2, p. 459-467, 2015.

RIBEIRO, G. B., ISBAEX, C., VALVERDE, S. R. Produção de biomassa florestal para energia em sistemas agroflorestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 92, p. 605-618, 2017.

SANTIAGO, W. R.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; BISPO, C. J. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; CASTELLANI, D. C. Nitrogênio mineral e microbiano do solo em sistemas agroflorestais com palma de óleo na Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 4, p. 395 – 406, 2013.

SCHUMACHER, F.; HALL, F. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**. v. 47, n. 1, p. 719-734, 1933.

SILVA, S. **Eficiência de redes neurais artificiais para estimar variáveis dendrométricas em sistemas agrossilvipastoris na Zona da Mata mineira**. 2016. 96p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2016.

SOUZA, C. A. M.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; MULLER, I. Modelos de afilamento para *Pinus taeda* l. baseados em pontos de mudança de forma. **Revista Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1239-1246, 2016a.

SOUZA, J. C. M.; FIÚZA, A. L. C.; PEREIRA, C. M. M. A.; AMODEO, N. B. P. O processo sucessório em propriedades de produtores de leite nos municípios de Coronel Xavier Chaves e Silveirânia, em Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 60, n.5, p. 603-609, 2013.

SOUZA, R. R.; NOGUEIRA, G. S.; MURTA JÚNIOR, L. S.; PELLI, E.; OLIVEIRA, M. L. R.; ABRAHÃO, C. P.; LEITE, H. G. Forma de fuste de árvores de *Eucalyptus* em plantios com diferentes densidades iniciais. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109 p. 33-40, 2016b.

SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York: The Ronald Press, 1952. 476p.

STONE, L. F.; DIDONET, A. D.; ALCANTRA, F.; FERREIRA, E. P. B. Qualidade física de um Latossolo Vermelho ácrico sob sistemas silviagrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 19, n. 10, p. 953–960, 2015.

TONINI, H.; BORGES, R. A. Equação de volume para espécies comerciais em Floresta Ombrófila Densa no sul de Roraima. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 82, p. 111-117, 2015.

XAVIER, A.; SILVA, R.L. Propagação clonal de *Eucalyptus*. **Informe Agropecuário**, v. 29, n. 242, p. 32-40, 2008.

#### 4. CAPITULO II

### **CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DE EUCALIPTO EM ARRANJOS ESPACIAIS EM SISTEMA AGROSSILVIPASTORIL, EM CORONEL XAVIER CHAVES, MG**



#### 4.1. INTRODUÇÃO

Dentre as funções e benefícios que podem ser proporcionados pelos sistemas agrossilvipastoris (SASPs), destacam-se melhorias nas condições microclimáticas para a pastagem e animais, da fertilidade do solo e aumento na produção total por unidade de área, com diversificação da produção e renda melhor distribuída no tempo em função dos componente agrícola e animal (SOUZA et al., 2007; NOGUEIRA et al., 2008; SOARES et al., 2009; OLIVEIRA NETO et al., 2010; ZANIN et al., 2016; ALVES-PINTO et al., 2017).

Embora apresente potencial para uso em diversas situações, o SASP nem sempre é a opção mais indicada quando se objetiva alta produtividade de madeira. Produtividades inferiores quando comparada com monocultivos florestais geralmente estão associadas à menor densidade de árvores dos SASPs (MAGALHÃES et al., 2006; PAULA et al., 2013; PEREIRA et al., 2015). Entretanto, a adoção de espaçamentos mais amplos para o povoamento arbóreo nos SASPs pode proporcionar maior crescimento individual das árvores e, assim, compensar proporcionalmente a redução na produtividade.

Análises da distribuição diamétrica das árvores e de outras características dendrométricas, são fundamentais para definição de técnicas de manejo e de tratos silviculturais, como desbaste e desrama, assim como para decisões sobre o uso potencial do estoque madeireiro (BINOTI et al., 2012; MULLER et al., 2014). Assim, torna-se importante a geração de informações a respeito das características de crescimento do componente arbóreo em SASP, considerando sua ampla variedade de arranjos estruturais.

Entre os diferentes fatores que influenciam as características de crescimento e de produção das espécies arbóreas em SASPs destaca-se o arranjo espacial, sendo este definido pela densidade de plantas e como elas estão distribuídas espacialmente na área. Deste modo, com a definição de um arranjo espacial, pode-se, então, estabelecer a área útil que as árvores podem explorar em busca de recursos de crescimento, levando-se também em consideração os demais componentes agrícola e forrageiro.

Dependendo da área útil por árvore, maior poderá ser o diâmetro e, conseqüentemente, maior o volume individual (KRUSCHEWSKY et al., 2007). Além disto, a forma do fuste também pode ser diretamente influenciada pelo arranjo espacial, sendo determinante para definir o efeito da conicidade do fuste e, conseqüentemente, do potencial de utilização da madeira produzida, principalmente para serraria (CAMPOS e LEITE, 2013).

Como forma de demonstrar a importância da área útil para aspectos dendrométricos, Nogueira et al. (2008) observaram que diferentes espaçamentos iniciais de plantio afetam, de maneira distinta, a forma do fuste de árvores de pinus, assim, o arranjo espacial utilizado pode proporcionar fustes com maior ou menor grau de rendimento em serrarias.

Assim, embora algumas pesquisas já tenham sido realizadas visando a compreensão de melhores estratégias para elevação da produção do componente arbóreo, incluindo inferências em relação à forma do fuste, em sistemas agrossilvipastoris e silvipastoris (KRUSCHEWSKY et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2009; PAULA et al., 2013; LEMOS- JUNIOR et al., 2016), estudos que caracterizem a dinâmica de crescimento, produtividade e forma do fuste das árvores em SASPs ainda são necessárias para subsidiar o entendimento do potencial de produção florestal nestes sistemas.

Tais informações são importantes não somente no contexto de manejo dos sistemas, mas também nas análises de viabilidade de projetos, para créditos rurais por exemplo, como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar - PRONAF e Programa de Agricultura de Baixo Carbono – ABC, vinculados ao Governo Federal (SALLES et al., 2012).

## **4.2. OBJETIVOS**

### 4.2.1. Objetivo geral

Analisar as características dendrométricas e de crescimento de eucalipto híbrido (*Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*) em três arranjos espaciais, em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG.

### 4.2.2. Objetivos específicos

1. Avaliar a dinâmica de crescimento em diâmetro;
2. Avaliar e selecionar modelos hipsométricos e volumétricos;
3. Estimar e caracterizar a produtividade madeira;
4. Selecionar modelos de afilamento e avaliar o perfil do fuste de eucalipto.

### 4.3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 4.3.1. Caracterização da região de estudo

O experimento foi implantado no município de Coronel Xavier Chaves, região Leste do Estado de Minas Gerais, na microrregião do Campo das Vertentes, no bioma Mata Atlântica (IBGE, 2018). O local está inserido na bacia hidrográfica Vertentes do Rio Grande, onde predominam as classes de solos Latossolos e Cambissolos (BARUQUI et al., 2006) e clima do tipo Cwb pela classificação de Köppen, com duas estações climáticas bem definidas (verão úmido e inverno seco) e precipitação média ocorre em torno de 1.400 mm distribuídos entre os meses de outubro a abril, e a temperatura média de 19 °C (FERREIRA et al., 2015).

A economia do município é baseada no comércio agropecuário local, mais especificamente na criação de gado leiteiro. No entanto, outras atividades comerciais também podem ser identificadas na região, como a venda de madeira para uso na construção civil local e para demandas de pequenas propriedades rurais da região (SOUZA et al., 2013).

#### 4.3.2. Caracterização do experimento

Foram avaliados três arranjos espaciais em sistemas agrossilvipastoris compostos por milho (*Zea mays*) + capim-braquiária (*Brachiaria Brizantha* cv. Marandu) + componente animal (gado leiteiro) + componente arbóreo (híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), implantados em três épocas.

A primeira área foi implantada em agosto de 2011, com o plantio das árvores em fileiras duplas de 5 x 2 + 40 m, sendo 5 m entre linhas, 2 m entre plantas e 40 m entre as fileiras (222 árvores por hectare). A segunda ocorreu em agosto de 2012, em fileiras triplas de 3 x 2 + 30 m, sendo 3 m entre linhas, 2 m entre plantas e 30 m entre as fileiras (417 árvores por hectare). A terceira e última etapa aconteceu em agosto de 2013, com a implantação em fileiras simples de 18 x 2,5 m, sendo 18 m entre linhas e 2,5 m entre plantas (222 árvores por hectare).

Na implantação de cada modelo de sistema agrossilvipastoril, a pastagem existente na área (*Brachiaria* spp.) foi dessecada e realizada a calagem. Em seguida, foi cultivado o milho, em sistema de plantio direto, adotando-se espaçamento de 0,80 m entre linhas, com densidade de 65.000 plantas ha<sup>-1</sup>. O capim-braquiária foi semeado nas linhas, simultaneamente ao plantio do milho, em plantio direto, e a lanço nas entrelinhas na

quantidade de 20 kg de sementes ha<sup>-1</sup>. Foi realizada ainda aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> de adubo superfosfato simples para a reforma da pastagem.

Foi utilizado clone de eucalipto híbrido (*Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*), denominado comercialmente como Ve07 pelo Viveiro Esteio, em São João del-Rei, MG, sendo seu plantio realizado manualmente.

Para o milho, no arranjo em fileiras simples, a adubação de plantio foi realizada com 400 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (08-28-16) e a de cobertura com 467 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (20-05-20). Para os arranjos em fileiras duplas e triplas, realizou-se adubação de implantação com 350 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (08-28-16) e de cobertura com 350 kg ha<sup>-1</sup> de NPK (20-05-20).

A adubação para o eucalipto foi realizada em covetas laterais a 15 cm de distância das mudas. Foram realizadas duas adubações, a primeira no plantio e a segunda em cobertura, sendo a quantidade de adubo utilizada diferente para os três arranjos espaciais. Para a adubação de plantio nos arranjos em fileiras simples, duplas e triplas foram utilizadas, respectivamente, 53; 60,11 e 33,22 kg de NPK (08-28-16) ha<sup>-1</sup>. Para a adubação de cobertura, aplicou-se 106; 112,71 e 66,54 kg de NPK (20-05-20) ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para os arranjos em fileiras simples, duplas e triplas.

Os atributos químicos do solo de toda a área estudada, após correção da acidez e aplicação dos fertilizantes, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química do solo da área de implantação do sistema agrossilvipastoril, após correção e adubação, em Coronel Xavier Chaves, MG

pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H + Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m
	mg dm <sup>-3</sup>		Cmolc dm <sup>-3</sup>						%		
5,6	2,4	50	1	0,4	0,1	4,3	1,5	1,6	5,8	26	6

pH em água; P e K - Extrator Mehlich 1; Ca e Mg - Al - Extrator: KCl - 1 mol L<sup>-1</sup>; H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> - pH 7,0; SB = Soma de Bases Trocáveis; CTC (t) - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC (T) - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; V = Índice de Saturação de Bases; m = Índice de Saturação de Alumínio.

Após o cultivo do milho e a implantação da pastagem, aos 12 meses, foi inserido o componente animal. O manejo do gado leiteiro foi realizado em piquetes, limitando o pastejo até que a altura mínima de 20 cm do capim fosse atingida, sendo, então, realizada a transferência dos animais para outro piquete.

A área utilizada para implantação dos três arranjos espaciais foi de 10 ha. Em cada um dos arranjos espaciais foram atribuídas cinco repetições (parcelas). Para o arranjo de fileiras simples e duplas, cada parcela constitui-se de 10 plantas (450 m<sup>2</sup>) e em fileiras triplas estabeleceu-se 12 plantas por parcela (288 m<sup>2</sup>).

#### 4.3.3. Distribuição diamétrica

Foram realizadas duas avaliações, sendo a primeira em 2015 e a segunda em 2017, quando foram medidas as circunferências a altura de 1,3 m do solo (CAP) de todas as árvores de cada parcela. As informações referentes aos arranjos espaciais e suas respectivas idades de medições de circunferências são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização dos arranjos espaciais e idades das avaliações do eucalipto em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG

Arranjo espacial (m)	Fileiras	Densidade (árvores ha <sup>-1</sup> )	Idade de avaliação (meses)
18 x 2,5	Simples	222	24
			48
5 x 2 + 40	Duplas	222	48
			72
3 x 2 + 30	Triplas	417	36
			60

Na ocasião da última avaliação, nos arranjos espaciais em fileiras simples e duplas, ocorreu a coleta da altura total (Ht) de 50% das árvores inseridas nas parcelas, e em fileiras triplas de quatro árvores laterais e quatro centrais do renque, totalizando 67% das árvores de cada parcela.

A variável Ht foi mensurada por meio de um hipsômetro digital, Vertex, enquanto que a circunferência a 1,3 m de altura do solo (CAP) por uma fita métrica, sendo posteriormente transformado em DAP. Com os dados referentes ao DAP foi realizada a análise de distribuição diamétrica das árvores nas duas idades, considerando amplitude de dois centímetros de diâmetro para cada centro de classe (CC).

#### 4.3.4. Produção volumétrica

Para o cálculo do volume realizou-se a cubagem das árvores apenas na segunda avaliação (2017), sendo utilizado um método não destrutivo. Para isso, foram selecionadas três árvores por classe diamétrica. As árvores selecionadas tiveram seus

fustes seccionados e em seguida coletados os valores de CAP nas alturas 0; 0,3; 0,7; 1 e 1,3 m acima do nível do solo, e a partir deste ponto do tronco utilizou-se o Pentaprisma de Wheeler para mensuração do diâmetro ao longo do fuste, em intervalos de um metro de altura, até o limite de diâmetro mínimo em 7 cm. O volume de cada seção foi calculado por meio da equação de Smalian (Equação 1).

$$V = \frac{AS_1 + AS_2}{2} \times L \text{ (Equação 1)}$$

Em que:

V - volume (m<sup>3</sup>);

AS - área seccional (m<sup>2</sup>);

L - comprimento da seção (m).

Para a estimação das alturas individuais das árvores foram aplicados dois modelos hipsométricos, o de Campos et al., (1984) (Equação 2) e Curtis (1967) (Equação 3). Para estimar o volume das árvores foram ajustados os modelos volumétricos de Schumacher-Hall (1933) (Equação 4), Spurr (1952) (Equação 5) e o de Koperzky-Gehrhardt (Equação 6).

$$\text{Ln}(Ht) = \beta_0 + \beta_1 * \text{DAP} + \beta_2 * \text{Ln}(Hd) + \varepsilon \text{ (Equação 2)}$$

$$\text{Ln}(Ht) = \beta_0 + \beta_1 * \left(\frac{1}{\text{DAP}}\right) + \varepsilon \text{ (Equação 3)}$$

$$\text{Ln}(V) = \beta_0 + \beta_1 * \text{Ln}(\text{DAP}) + \beta_2 * \text{Ln}(Ht) + \varepsilon \text{ (Equação 4)}$$

$$V = \text{Exp}\{\beta_0 + [\beta_1 * \text{Ln}(\text{DAP}^2 Ht)]\} + \varepsilon \text{ (Equação 5)}$$

$$V = \beta_0 + \beta_1 * \text{DAP}^2 + \varepsilon \text{ (Equação 6)}$$

Em que:

V- volume (m<sup>3</sup>);

Ht - altura total (m);

$\beta_0$ ,  $\beta_1$  e  $\beta_2$  - parâmetros a serem estimados;

DAP - diâmetro a altura de 1,3 m (m);

Hd - altura dominante (m).

A seleção do melhor modelo aplicado, seja hipsométrico ou volumétrico, foi realizada analisando o erro padrão residual ( $Sy.x$ ) (Equação 7) e o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$  ajustado) (Equação 8), além da avaliação visual dos gráficos de resíduos para cada uma das equações geradas pelos modelos.

$$S_{yx} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y - \hat{Y})^2 / (n - k)} \quad (\text{Equação 7})$$

$$\overline{R^2} = 100[1 - (n - 1/n - p - 1)(1 - R^2)] \quad (\text{Equação 8})$$

Em que:

n - número de observações;

y - valor observado;

$\hat{Y}$  - valor estimado;

k e p - número de parâmetros do modelo.

Após seleção dos modelos para estimar a altura e o volume das árvores dos três clones, foi aplicado o teste de identidade de modelos (teste F ( $F_{H_0}$ ) de Graybill, 1976), para avaliar a necessidade de adoção de uma equação individual para cada arranjo espacial ou a utilização de uma equação que representasse todos os arranjos estudados.

Selecionada a equação volumétrica e realizada a estimação dos volumes individuais das árvores, foram calculados o volume médio de madeira por árvore e por área, além da produtividade (incremento médio anual - IMA), para cada arranjo espacial. O software utilizado para gerar as equações hipsométricas e volumétricas foi o STATISTICA 13.0.

Também foi verificado se houveram diferenças entre os diâmetros médios das árvores localizadas nas laterais e ao centro do renque no arranjo espacial em fileiras triplas. Para essa análise, o delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco repetições e oito árvores por repetição, sendo os tratamentos definidos como plantio em linhas laterais e ao centro do renque. As médias dos tratamentos foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de probabilidade, sendo utilizado o software estatístico SISVAR 5.6.

#### 4.3.5. Afilamento do fuste

Foram avaliados quatro modelos de afilamento, apresentados na Tabela 3. Em seguida, verificou-se com base no teste de Graybill (1976) se os perfis de afilamento dos fustes das árvores nos arranjos espaciais são diferentes entre si, a 5% de probabilidade, e também calculado o fator de forma médio.



Tabela 3. Modelos de afilamento para a estimação do perfil do fuste para os arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG

Modelo de afilamento	Representação do modelo
Kozak et al. (1969)	$\left(\frac{d}{DAP}\right)^2 = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{h}{Ht}\right) + \beta_2 \left(\frac{h}{Ht}\right)^2 + \varepsilon$
Garay (1979)	$\frac{d}{DAP} = \beta_0 [1 + \beta_1 \text{Ln}(1 - \beta_2 h^{\beta_3} \cdot Ht^{-\beta_3})] + \varepsilon$
Demaerschalk (1972)	$\left(\frac{d}{DAP}\right)^2 = 10^{2\beta_0} \cdot DAP^{2\beta_1 - 2} \cdot L^{2\beta_2} \cdot Ht^{2\beta_3} + \varepsilon$
Ormerod (1973)	$\left(\frac{d}{DAP}\right)^2 = \left[\frac{h - Ht}{Ht - 1,30}\right]^{2\beta_1} + \varepsilon$

d = diâmetro na altura h (m); DAP = diâmetro com casca, medido na altura de 1,30m (m); h = distância do solo até o ponto onde o diâmetro d é considerado (m); Ht = altura total (m);  $\beta_i$  = parâmetros;  $\varepsilon$  = erro aleatório, e  $\sim$ NID (0, $\sigma$ ).

A seleção do modelo que melhor represente o perfil de afilamento dos fustes de cada arranjo espacial foi realizada por meio da análise comparativa das estatísticas, a seguir: soma de quadrado dos resíduos (SQRes); coeficiente de correlação entre os valores estimados e observados (Ryy); erro sistemático (Bias); raiz quadrada do erro médio (RQEM). Também foi analisada a representação gráfica do perfil do fuste e os dados “estimados x observados” como auxílio na escolha do modelo de afilamento que melhor representasse as árvores em cada arranjo espacial.

#### 4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.4.1. Distribuição diamétrica

Na Figura 1 são apresentadas informações referentes à distribuição diamétrica das árvores nos arranjos espaciais em fileiras simples, duplas e triplas, em suas respectivas épocas de avaliações.

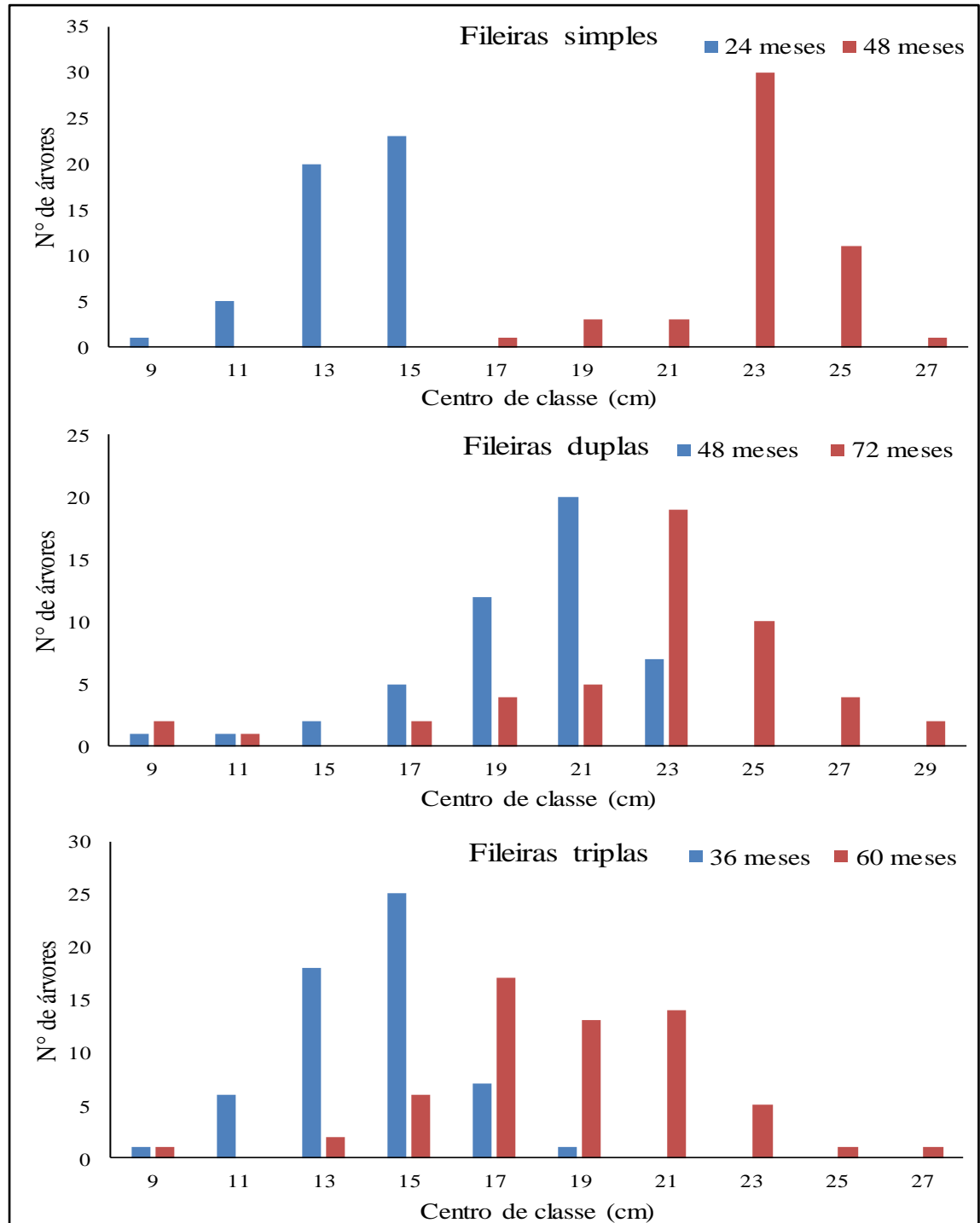


Figura 1. Distribuição das árvores de eucalipto em classes diamétricas, em função dos arranjos espaciais e suas respectivas épocas de avaliações, em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG.

No arranjo espacial em fileiras simples observou-se expressivo ritmo de crescimento diamétrico, com as árvores migrando dos CCs de 9 a 15 para 17 a 27. Aos 48 meses as árvores possuem maior concentração no CC 23 cm, em comparação com a primeira medição quando os indivíduos apresentavam maior frequência nos CCs 13 e 15 cm.

A tendência de concentração das árvores em um determinado CC indica tendência de crescimento mais homogêneo das árvores, também observada em SASPs por TORRES et al. (2016), que comentam ser em decorrência de menor competição por recursos de crescimento disponíveis.

As árvores no arranjo em fileiras simples, se comparado aos demais, além de apresentarem menor idade de plantio, tende a possuir maiores classes de diâmetro com o passar do tempo, já que esse arranjo espacial possui 85% de suas árvores inseridas nos quatro maiores CCs, enquanto que para as fileiras duplas esse número é de 71% e de apenas 10% para o arranjo em fileiras triplas.

Em relação ao arranjo espacial em fileiras duplas, com exceção do CC de 15 cm, foram observadas árvores nos CCs 9-23 cm nas duas épocas de avaliações. Este fato pode estar associado à competição entre as árvores das duas linhas de plantio, indicando que o crescimento diamétrico já apresentava tendência de estagnação na ocasião das avaliações.

Para o arranjo em fileiras triplas, comparativamente aos demais, observa-se maior concentração de árvores nos menores CCs, estando 88% delas inseridas entre os CCs 9-21 cm de DAP, indicando que neste arranjo tenha ocorrido maior competição entre os indivíduos arbóreos. Assemelhando-se a esses resultados, Lemos Junior et al. (2016) observaram que 91% das árvores de eucalipto, aos seis anos de idade em SSP com arranjo espacial em fileiras triplas, estavam inseridas nas classes diamétricas entre 15 e 25 cm de DAP.

A maior frequência de árvores, na avaliação aos 36 meses, está no CC de 15 cm, enquanto que aos 60 meses os indivíduos estão distribuídos nos CCs de 17, 19 e 21 cm (Figura 1). Assim, observa-se que, com o decorrer do tempo, ocorreu estratificação do crescimento das árvores. Essa maior heterogeneidade do crescimento das árvores para o arranjo espacial em fileiras triplas pode ser efeito da alta densidade árvores (417 plantas ha<sup>-1</sup>).

## 4.4.2. Ajuste de modelos

Na Tabela 4 estão apresentadas as estimativas e os parâmetros estatísticos para os modelos de Campos et al. (1984) e Curtis (1967).

Tabela 4. Parâmetros e estatísticas para os modelos hipsométricos de Campos e de Curtis ajustados para eucalipto nos arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG

Modelo hipsométrico	Fileiras	Parâmetros	Estimativas	Erro padrão	p-valor	Sy.x	R <sup>2</sup> ajustado
Campos	Simples	$\beta_0$	0,0413	0,2874	0,8870	0,7910	0,9100
		$\beta_1$	0,0105	0,0043	<0,05		
		$\beta_2$	0,9041	0,0845	<0,05		
	Duplas	$\beta_0$	-0,3942	0,7053	0,5813	2,582	0,8970
		$\beta_1$	0,0396	0,0053	<0,05		
		$\beta_2$	0,8311	0,2194	<0,05		
	Triplas	$\beta_0$	0,0534	0,6839	0,9381	3,2625	0,5826
		$\beta_1$	0,0312	0,0099	<0,05		
		$\beta_2$	0,7527	0,2080	<0,05		
Curtis	Simples	$\beta_0$	3,2019	0,2468	<0,05	0,3068	0,079
		$\beta_1$	-3,2173	5,7000	<0,05		
	Duplas	$\beta_0$	3,8892	0,0677	<0,05	0,4180	0,8694
		$\beta_1$	-12,3311	1,3668	<0,05		
	Triplas	$\beta_0$	3,3421	0,1702	<0,05	0,6098	0,3329
		$\beta_1$	-6,8290	2,8841	0,5779		

Observa-se que os valores de R<sup>2</sup> ajustados para o modelo de Curtis no arranjo espacial em fileiras simples foi abaixo do recomendado para equações hipsométricas (SCOLFORO, 1998). Desta forma, foi selecionado o modelo de Campos et al. (1984) para a estimação das alturas, sendo observado que o teste F(FH<sub>0</sub>) de Graybill (1976) não foi significativo, demonstrando que as alturas das árvores devem ser estimadas por meio de ajustes específicos para cada arranjo espacial.

A necessidade da adoção de equações distintas para os espaçamentos indica que o padrão de crescimento das árvores foi influenciado pelo arranjo espacial, alterando a relação Ht/DAP. Essa influência pode estar associada a níveis diferenciados de competição entre árvores nos arranjos espaciais, sendo que nas fileiras simples tende haver menor competição que em fileiras duplas, que, por sua vez, tende apresentar menor que aquelas em fileiras triplas.

Observa-se para o modelo de Schumacher-Hall que em todos os arranjos os parâmetros Hd e DAP foram significativos (p<0,05) para estimar a variável Ht (Tabela 4). Contudo, à medida que são inseridas fileiras no renque de plantio o Sy.x aumenta,

enquanto que  $R^2$  ajustado diminui. Deste modo, é possível afirmar que quanto maior o nível de competição menor é a relação Ht/DAP.

O  $R^2$  ajustado para o modelo de Schumacher-Hall no arranjo em fileiras triplas apresentou o menor valor (58,26%). Porém, Scolforo (1998) menciona ser comum em ajustes de equações hipsométricas esse parâmetro possuir baixo valor, indicando ser na maioria das vezes inferior a 80%. Por se tratar de SASP, também é esperado que a relação Ht/DAP seja baixa, já que nesse modelo de cultivo as árvores tendem a apresentar maior investimento em crescimento do diâmetro basal, tornando menos proporcional a relação dessas duas características (IMANÑA ENCIMAS et al., 2005).

Na Figura 2 são apresentados os gráficos de dispersão dos resíduos em função do DAP para os três arranjos espaciais.

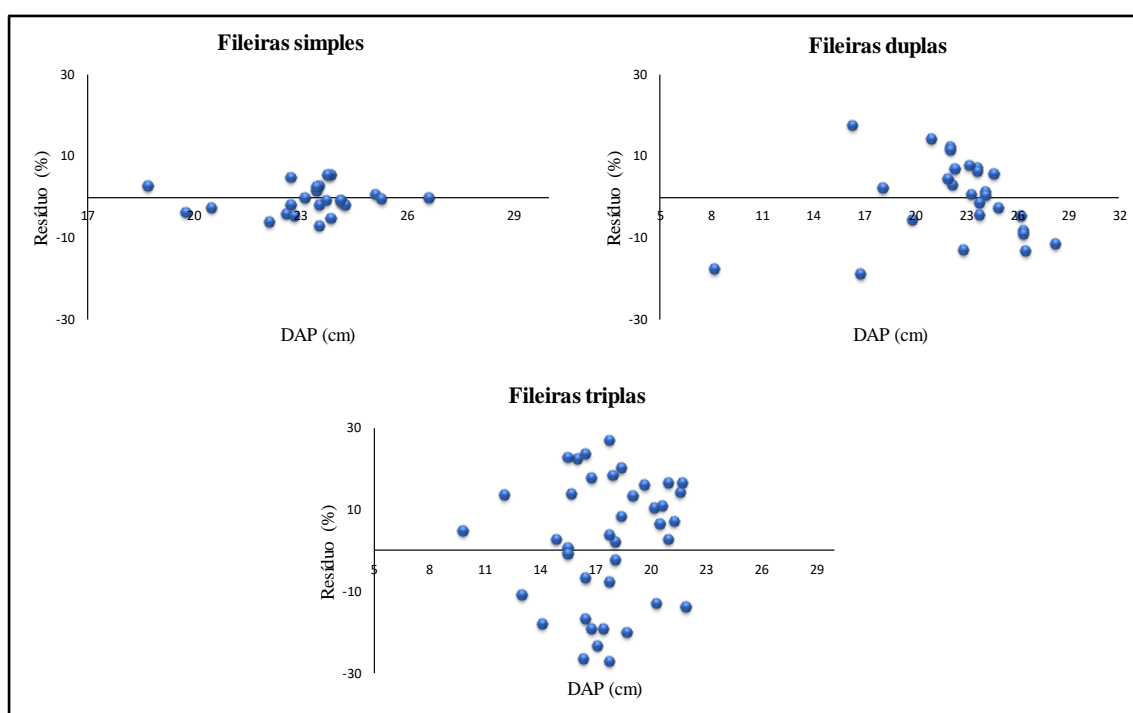


Figura 2. Distribuição dos resíduos para o modelo hipsométrico de Campos ajustado para eucalipto nos arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG.

Observa-se diferentes padrões de distribuição dos resíduos, sendo que, semelhante ao que ocorreu para os parâmetros  $Sy.x$  e  $R^2$  ajustado, novamente o arranjo espacial em fileiras triplas apresentou os piores resultados para a precisão na distribuição dos dados. Em contrapartida, este arranjo espacial não apresentou expressivas tendências de sub e superestimação dos dados.

Para melhor caracterização da distribuição dos resíduos, observa-se aumento gradativo da amplitude dos dados para os três arranjos espaciais, sendo de aproximadamente  $\pm 10\%$  para o de fileiras simples, de  $\pm 20\%$  para o de fileiras duplas e de  $\pm 30\%$  para o de fileiras triplas.

Para a produção volumétrica foram ajustados os modelos de Schumacher-Hall (1933), Spurr (1952) e o de Koperzky-Gehrhardt sendo as estimativas e parâmetros estatísticos apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Parâmetros e estatísticas dos modelos volumétricos de Schumacher-Hall, Spurr e Koperzky-Gehrhardt ajustados para eucalipto nos arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG

Modelo volumétrico	Fileiras	Parâmetros	Estimativas	Erro padrão	p-valor	Sy.x	R <sup>2</sup> ajustado
Schumacher-Hall	Simples	$\beta_0$	-9,2477	1,8380	<0,05	0,0953	0,8670
		$\beta_1$	0,3831	0,9177	<0,05		
		$\beta_2$	2,3467	1,1405	0,0853		
	Duplas	$\beta_0$	-7,2171	0,6273	<0,05	0,2147	0,9722
		$\beta_1$	2,8900	0,6011	<0,05		
		$\beta_2$	-0,6881	0,6858	0,3354		
	Triplas	$\beta_0$	-7,8484	0,5384	<0,05	0,1050	0,9846
		$\beta_1$	2,6058	0,2262	<0,05		
		$\beta_2$	-0,2062	0,3034	0,5096		
Spurr	Simples	$\beta_0$	-7,7479	1,0677	<0,05	0,1032	0,9210
		$\beta_1$	0,7628	0,1083	<0,05		
	Duplas	$\beta_0$	-9,5573	2,0107	<0,05	0,2146	0,8922
		$\beta_1$	0,9603	0,2021	<0,05		
	Triplas	$\beta_0$	-7,6272	1,4942	<0,05	0,1698	0,8771
		$\beta_1$	0,7628	0,1543	<0,05		
Koperzky-Gehrhardt	Simples	$\beta_0$	-0,0599	0,1106	0,6001	0,1155	0,9092
		$\beta_1$	0,0012	0,0001	<0,05		
	Duplas	$\beta_0$	-0,1278	0,1123	0,2755	0,2064	0,9007
		$\beta_1$	0,0016	0,0002	<0,05		
	Triplas	$\beta_0$	-0,0719	0,0603	0,2539	0,1045	0,9551
		$\beta_1$	0,0014	0,0014	<0,05		

A equação volumétrica gerada pelo modelo de Schumacher-Hall não apresentou parâmetros significativos para altura dominante (Hd), sendo os valores negativos em todos os arranjos espaciais, indicando que o modelo não apresenta consistência adequada para estimação dos volumes das árvores.

Em relação ao modelo de Koperzky-Gehrhardt, em todos os arranjos espaciais os modelos gerados apresentaram elevados valores para R<sup>2</sup> ajustado e adequados parâmetros

estatísticos. No entanto, o coeficiente do modelo ( $\beta_0$ ) não apresentou ajuste significativo para nenhuma das equações. Assim, para estimar os valores volumétricos foi utilizada a equação ajustada pelo modelo de Spurr (1952).

As equações para estimar o volume, segundo o modelo de Spurr, não foram significativas pelo teste F ( $F_{H_0}$ ) de Graybill (1976), indicando ser possível estimar os volumes das árvores em todos os arranjos espaciais por apenas uma equação geral. As estimativas para o ajuste do modelo volumétrico geral de Spurr (1952) e os parâmetros estatísticos estão representados na Tabela 6.

Tabela 6. Parâmetros e estatísticas do modelo volumétrico geral de Spurr para eucalipto nos arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG

Parâmetros	Estimativas	Erro padrão	p-valor	Sy.x	R <sup>2</sup> ajustado
$\beta_0$	-8,25551	0,917304	<0,05	0,173148	0,8862
$\beta_1$	0,82379	0,093252	<0,05		

Na Figura 3 está representada a distribuição dos resíduos em função do DAP para o modelo geral de Spurr.

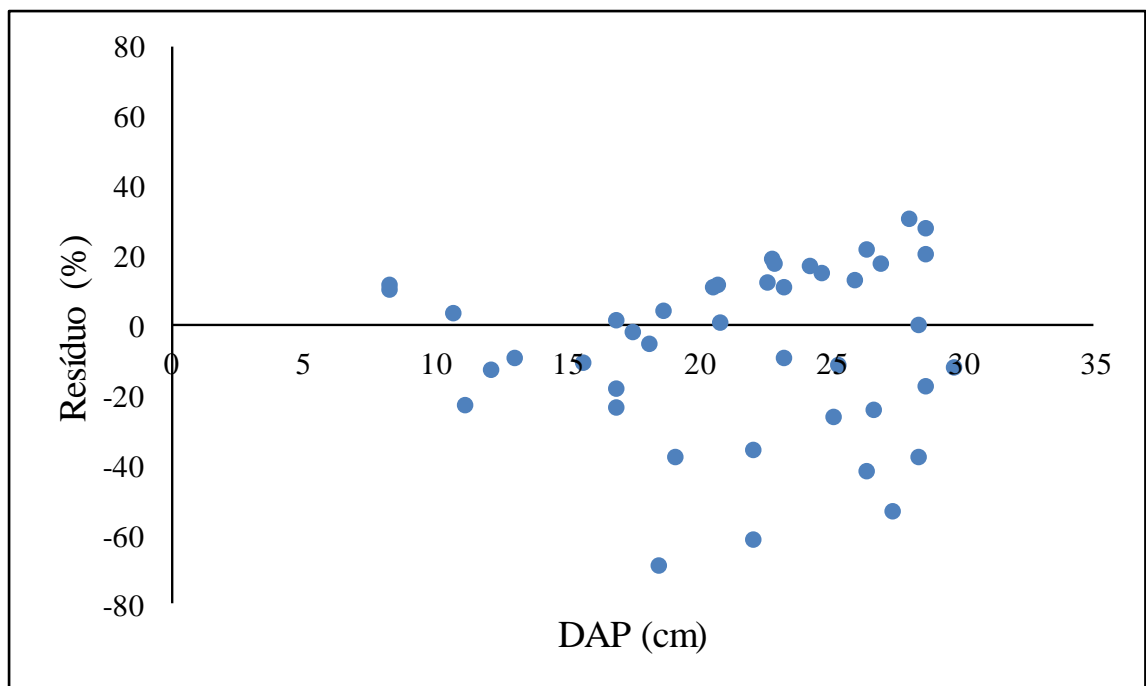


Figura 3. Distribuição dos resíduos em função do DAP para o modelo volumétrico geral de Spurr para eucalipto nos arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG.

É possível observar que a distribuição dos dados apresenta tendências a heterocedasticidade. Essa característica pode ser proveniente do material genético adotado, pois como se trata de um clone, os valores estimados podem apresentar semelhanças que causam certa incoerência estatística, promovendo tendenciosidades na distribuição dos resíduos (GARCIA, 1988; OLIVEIRA, 2012; MAGALHÃES, 2014).

#### 4.4.3. Produção volumétrica

Na Tabela 7 estão apresentados os valores de produção madeireira (volume) e a produtividade (IMA) nos três arranjos espaciais.

Tabela 7. Volume e produtividade de eucalipto em três arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG

Arranjo espacial (m)	Densidade (árvores ha <sup>-1</sup> )	Idade (meses)	Volume		IMA (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> )
			(m <sup>3</sup> árvore <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	
18 x 2,5*	222	48	0,5339	118,5440	29,6360
5 x 2 + 40**	222	72	0,7015	155,7341	25,9556
3 x 2 + 30***	417	60	0,4145	172,8671	34,5734

Em que: \* - fileiras simples; \*\* - fileiras duplas; \*\*\* - fileiras triplas.

O arranjo espacial em fileiras triplas apresentou maior volume por área e IMA, em relação aos demais. Essa superioridade deve-se à maior densidade de indivíduos por área, sendo 53% superior que nos arranjos de fileiras duplas e simples. Semelhante a esses resultados, Oliveira et al. (2009) avaliaram povoamentos de eucalipto, em 11 arranjos espaciais em SASPs, no noroeste de Minas Gerais, e observaram que os arranjos espaciais com maior densidade de plantas também foram os que apresentaram maior volume de madeira por área.

Entretanto, observa-se que o IMA do arranjo em fileiras simples, aos 48 meses, equivale a 85% do IMA do sistema em fileiras triplas. Esta mesma tendência é relatada por Kruschewsky et al. (2007) e Oliveira et al. (2009), que mencionam que a produtividade do povoamento florestal com menor densidade de indivíduos tende a ser maior em idades mais avançadas, aproximando-se de arranjos espaciais com maior densidade de árvores. Tal fato estaria associado à tendência de maior homogeneidade das



árvores em povoamentos com menor densidade, conforme análise da distribuição diamétrica do presente estudo.

Paula et al. (2013) também observaram que o IMA de dois sistemas silvipastoris, em fileiras simples (9 x 3 m, com 370 árvores ha<sup>-1</sup>) e duplas (3 x 3 + 9 m, com 556 árvores ha<sup>-1</sup>) apresentaram valores próximos, sendo que as árvores em fileiras simples produziram fustes com maiores diâmetros e volume individual.

Os maiores valores de volume individual foram observados nas árvores em fileiras duplas (Tabela 7). Contudo, esse arranjo espacial possui idade mais avançada que os demais, sendo a possível causa de tais resultados. O arranjo em fileiras simples tende a apresentar maior produção volumétrica individual, pois o processo de competição entre os indivíduos do componente arbóreo tende a ser menos pronunciado em relação aos demais arranjos.

Embora o arranjo em fileiras triplas apresente maior produção madeireira, o crescimento diamétrico das árvores apresenta diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em função da posição no renque, sendo que as árvores localizadas nas laterais possuem maior crescimento que aquelas localizadas no centro do renque (Tabela 8).

Tabela 8. Diâmetro médio das árvores de eucalipto nas linhas laterais e do centro do renque em fileiras triplas, em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG

Posição de plantio no renque	DAP médio (cm)
Lateral	19,59 a
Centro	16,13 b

Médias com letras diferentes são diferentes entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Essa diferença entre os DAPs médios das árvores ocorre devido ao nível de competição, desigual entre as fileiras laterais e a do centro do renque, o que promove heterogeneidade de crescimento do povoamento. Assim, o SASP implantado em fileiras triplas pode apresentar maior percentual de indivíduos dominados, sendo necessário quantidades maiores de intervenções (desbastes) durante o manejo do componente florestal, principalmente quando se planeja a produção de madeira de maiores dimensões para serraria.

Em um SASP que apresenta alta densidade de plantas o crescimento inicial pode proporcionar maior volume de madeira, porém, com as árvores demandando mais recursos de crescimento, a competição tende a aumentar, podendo elevar o número de

indivíduos dominados e, conseqüentemente, menor volume madeireiro com maiores dimensões e com qualidade para serraria (TORRES et al., 2016).

#### 4.4.4. Afilamento do fuste

As equações, estimativas e os parâmetros estatísticos gerados para os modelos de afilamento do fuste, nos arranjos espaciais avaliados, são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9. Parâmetros e estatísticas para os modelos de afilamento de fuste de eucalipto nos arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG

Fileiras	Modelos de Afilamento	Parâmetros				Estatísticas			
		$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	SQRes	Ryy	Bias	RQEM
Simples	Demaerschalk	0,4195	0,6486	-0,7115	0,7507	630,4	0,9506	-0,0585	1,8820
	Kozak	1,2677	-4,7240	5,7804	-	563,7	0,9559	-0,1187	1,7797
	Ormerod	1,2000	1,4557	-	0,5000	737,3	0,9420	-0,3925	2,0353
	Garay	1,2233	3,8436	0,2052	0,4739	522,5	0,9592	-0,1540	1,7134
Duplas	Demaerschalk	0,4181	1,2932	-0,9429	0,6716	1152,6	0,9373	-0,0519	2,3947
	Kozak	1,2957	-4,7534	6,1839	-	1100,4	0,9402	-0,1327	2,3399
	Ormerod	1,2000	1,2474	-	0,5000	1357,3	0,9257	-0,5493	2,5986
	Garay	1,2658	4,0409	0,1713	0,3946	970,7	0,9475	-0,1724	2,1976
Triplas	Demaerschalk	0,4300	1,1496	-0,7828	0,5733	717,9	0,9535	0,0016	1,8447
	Kozak	1,2797	-4,2025	5,0813	-	749,5	0,9514	-0,0259	1,8848
	Ormerod	1,2000	1,0641	-	0,5000	934,1	0,9390	-0,4014	2,1041
	Garay	1,2316	2,4424	0,2613	0,4273	673,1	0,9565	-0,0253	1,7861

Foi encontrada diferença significativa ( $p > 0,05$ ), pelo teste F( $F_{H_0}$ ) de Graybill (1976), para o afilamento de fuste nos arranjos espaciais avaliados, sendo, portanto, necessário o ajuste dos modelos de afilamento, bem como a escolha do mais adequado, para cada um dos arranjos. É possível observar as diferenças nos perfis dos fustes das árvores dos três arranjos espaciais mesmo através do fator de forma (Tabela 10).

Tabela 10. Fator de forma médio dos fustes de eucalipto nos arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG

	Fileiras		
	Simplex	Duplas	Triplas
	0,5723	0,7064	0,6650

O fator de forma pode expressar o quão cilíndrico é uma árvore, tendo maior conicidade quanto menor é o valor (SOARES et al., 2006). Observa-se que as árvores inseridas em fileiras simples são as mais cônicas, seguidas das árvores em fileiras triplas e duplas.

O perfil do fuste tende a possuir diferenças em função dos arranjos espaciais pelo fato de o crescimento em diâmetro ser influenciado pelo espaçamento de plantio. Cerqueira et al. (2017) avaliaram a influência de quatro arranjos espaciais no perfil do fuste de eucalipto em sistemas agrofloreais no norte de Mato Grosso e também observaram diferenças significativas entre eles.

Para os três arranjos espaciais, observa-se que o SQRes é, expressivamente, menor para o modelo de Garay. Este modelo também apresentou o melhor resultado com base no Ryy, embora todos os modelos tenham apresentado valores próximos para este parâmetro. Os modelos referentes aos arranjos espaciais também apresentaram parâmetros estatísticos com características iguais para o Bias e RQEM, sendo melhores para o modelo de Ormerod.

Souza et al. (2016) mencionam que é necessária a interpretação visual dos parâmetros e dos perfis de fustes para que a seleção do melhor modelo de afilamento seja realizada de maneira adequada. Assim, na Figura 4 é possível visualizar a disposição dos dados para a relação “estimados x observados” dos modelos aplicados aos três arranjos espaciais.

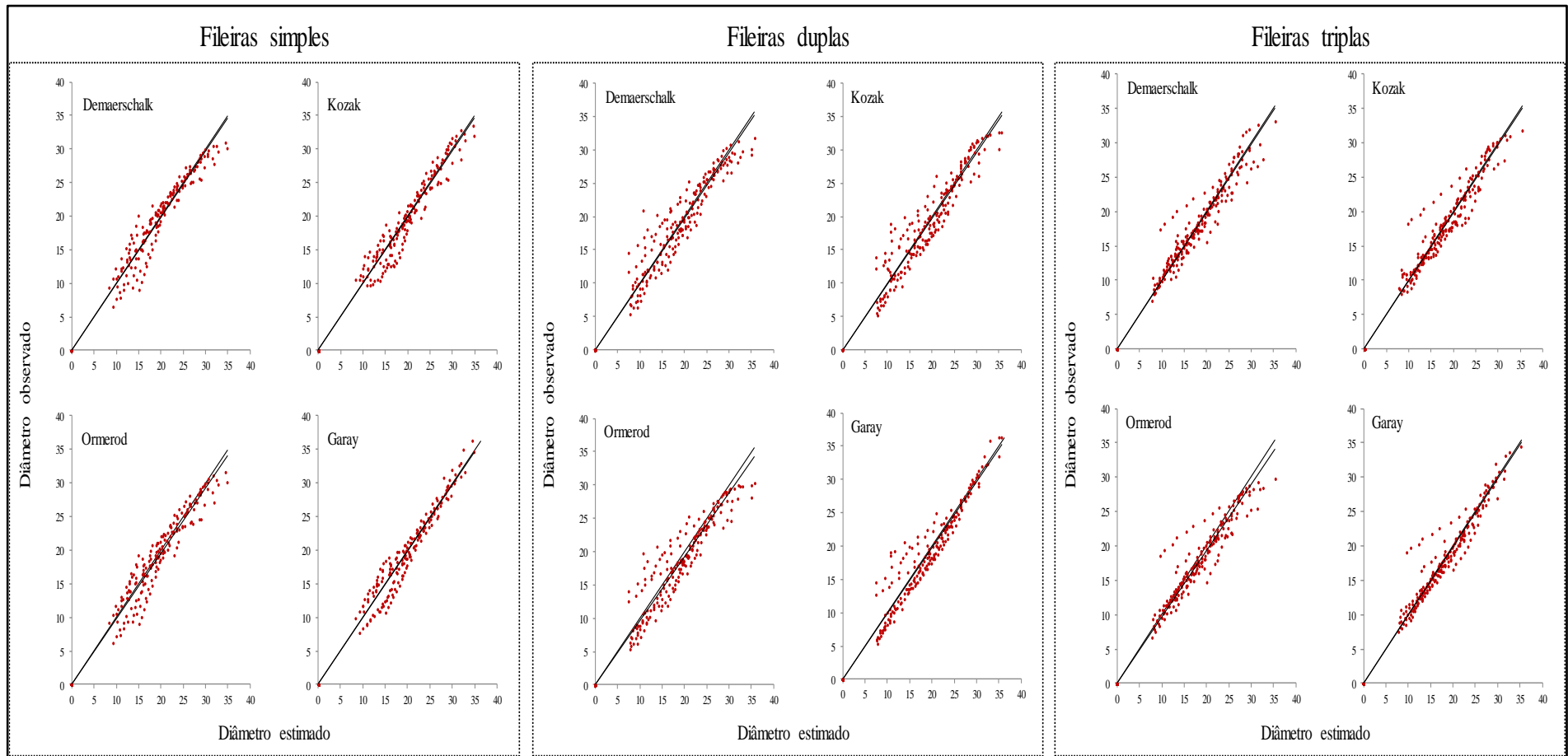


Figura 4. Relação dos valores “observados x estimados” para as equações de afilamento do fuste de eucalipto nos arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG.

Através dos gráficos é possível observar que o modelo de Demaerschalk e Ormerod apresentaram comportamentos semelhantes para os arranjos espaciais em fileiras simples e duplas. Entretanto, o arranjo em fileiras duplas apresenta tendências a subestimação dos dados apenas para os maiores valores de diâmetro, sendo diferente do arranjo em fileiras simples que apresenta tendenciosidades tanto nos menores quanto nos maiores valores de diâmetro.

Não foram perceptíveis tendências de sub ou superestimação dos dados para o modelo de Demaerschalk no arranjo em fileiras triplas, enquanto que, para esse mesmo arranjo espacial, o modelo de Ormerod apresentou tendência a subestimação dos dados nos maiores valores de diâmetro.

O modelo de Kozak apresentou distribuição dos dados de maneira satisfatória para o arranjo espacial em fileira simples. No entanto, para o arranjo em fileiras duplas e triplas, nos maiores valores de diâmetro, foi possível perceber tendência de subestimação, sendo que em fileiras duplas a tendência foi menos expressiva que nas triplas.

O modelo de Garay foi o único que não apresentou fortes tendências de sub ou superestimação dos valores estimados para os três arranjos espaciais (Figura 4). Este modelo naturalmente apresenta considerável flexibilidade de ajuste para estimar o afilamento do fuste em várias situações, seja sua aplicação em diferentes espécies ou para diferentes modelos, seja silvicultural ou agroflorestal (GARAY, 1979; LEITE et al., 2006; SILVEIRA et al., 2011; SILVA et al., 2016).

É importante observar que para o arranjo em fileiras triplas a dispersão dos dados, em todos os modelos de afilamento aplicados, apresenta comportamento semelhante quando estimados diâmetros com valores médios, sendo possível visualizar uma linha de tendência pronunciada (Figura 4). Este comportamento pode ter sido causado pela inserção de dados de árvores com perfis mais discrepantes no ajuste dos modelos. Os diferentes perfis das árvores apresentados nas fileiras triplas, pode ser decorrente da alta heterogeneidade de crescimento entre as árvores das linhas laterais e centrais.

Visando elevar a eficácia na escolha do melhor modelo de afilamento para os três arranjos espaciais adotados, na Figura 5 é possível observar a representação do perfil do fuste gerado para cada modelo testado nos três arranjos espaciais.

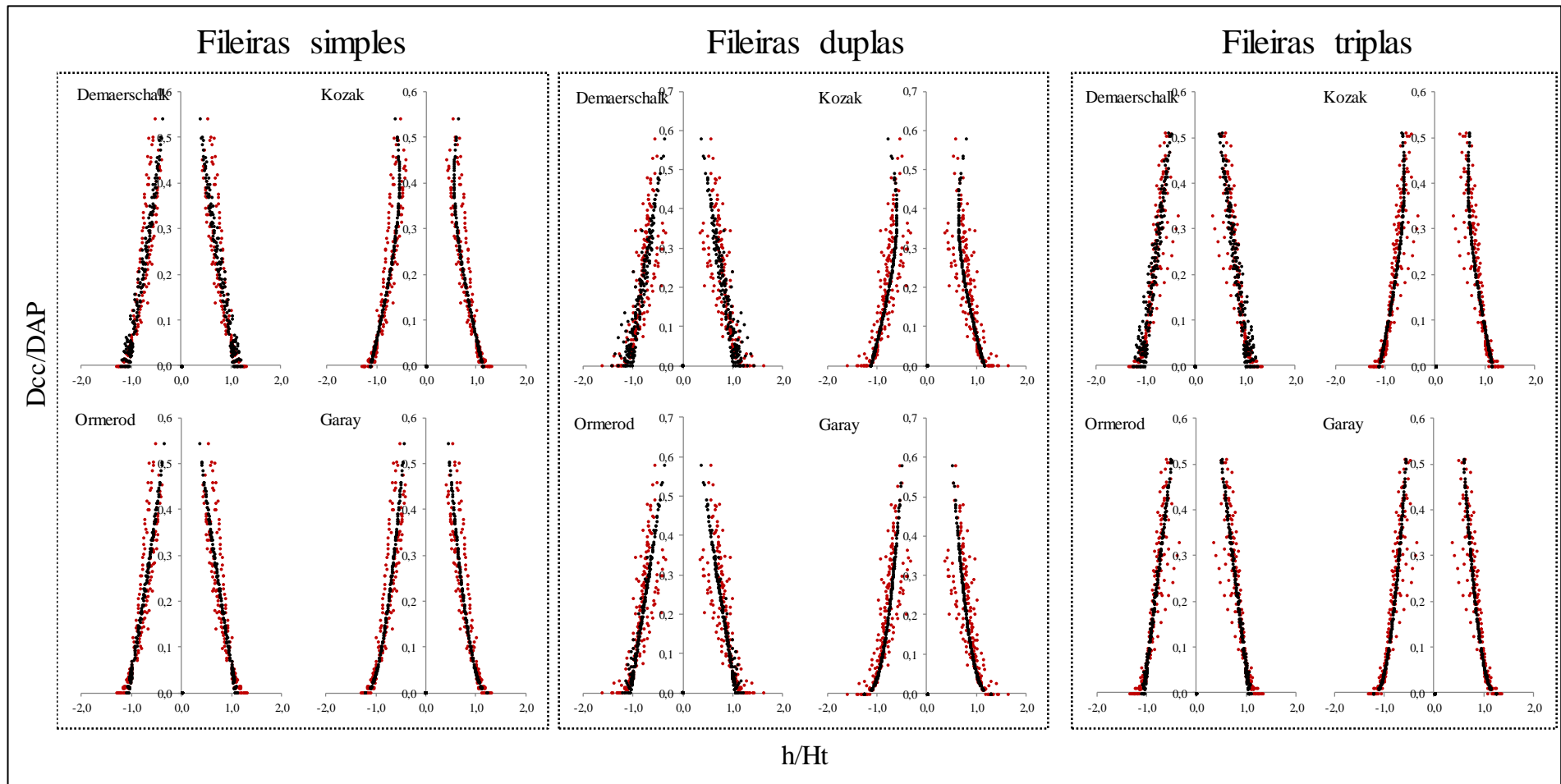


Figura 5. Perfil médio do fuste de eucalipto, de acordo quatro modelos de afilamento e três arranjos espaciais, em sistema agrossilvipastoril, em Coronel Xavier Chaves, MG.

Observa-se que as representações dos modelos de Demaerschalk e Ormerod apresentam redução expressiva nos diâmetros da parte superior dos fustes em todos os arranjos espaciais testados. Entretanto, considerando esses dois modelos, o arranjo em fileiras duplas se destaca por ser o que apresenta maior efeito de conicidade. Deste modo, indica-se que os modelos de Demaerschalk e Ormerod não apresentaram descrição realista do perfil do fuste segundo o que foi observado em campo.

Para o modelo de Kozak (Figura 5), nos arranjos em fileiras simples, duplas e triplas as representações dos perfis dos fustes das árvores apresentam claramente inconsistência biológica, uma vez que ocorre uma retomada de crescimento em diâmetro dos fustes das árvores em maiores alturas.

A representação do modelo de Garay foi o que apresentou os perfis mais realísticos, sem pontos expressivos de decréscimo do diâmetro do fuste ao longo de sua altura (Figura 5), indicando que este modelo também é adequado para análise do perfil de eucalipto em SASP com variações em arranjos espaciais.

#### 4.5. CONCLUSÕES

Os arranjos espaciais influenciaram o crescimento e a distribuição diamétrica, sendo o de fileiras triplas o que proporcionou árvores com maior heterogeneidade de crescimento, e o de fileiras simples com maior homogeneidade e indivíduos em maiores classes diamétricas.

Os modelos hipsométrico de Campos e o volumétrico de Spurr foram os que melhor se ajustaram para estimativas da altura e produção volumétrica nos três arranjos espaciais.

O arranjo em fileiras triplas foi o que apresentou maior produtividade de madeira, porém não proporcional à densidade de árvores em relação aos demais arranjos.

Os arranjos espaciais avaliados promoveram diferenças nos perfis de fustes das árvores de eucalipto, sendo o modelo de Garay o que melhor estimou o afilamento nos três arranjos espaciais.



#### 4.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES-PINTO, H. N.; LATAWIEC, A. E.; STRASSBURG, B. B. N.; BARROS, F. S. M.; SANSEVEROA, J. B. B.; IRIBARREMA, A.; CROUZEILLES, R.; LEMGRUBER, L. L.; RANGEL, M. C.; SILVA, A. C. P. Reconciling rural development and ecological restoration: Strategies and policy recommendations for the Brazilian Atlantic Forest. **Land Use Policy**, v. 60, p. 419–426, 2017.
- BARUQUI, A. M.; NAIME, U. J.; MOTTA, P. E. F.; FILHO, A. C. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da Zona Campos das Vertentes-MG**. Embrapa Solos - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 96. Rio de Janeiro, 2006. 326p.
- BINOTI, D. H. B., DA SILVA BINOTI, M. L. M., LEITE, H. G., SILVA, A., & DE ALBUQUERQUE SANTOS, A. C. Modelagem da distribuição diamétrica em povoamentos de eucalipto submetidos a desbaste utilizando autômatos celulares. **Revista Árvore**, v. 36, n. 5, p. 931-939, 2012.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 4. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 605 p.
- CAMPOS, J. C. C; RIBEIRO, J. O.; PAULA NETO, F. **Inventário florestal nacional, reflorestamento: Minas Gerais**. Brasília, DF: IBDF, 1984. 126 p.
- CERQUEIRA, C. L.; MÔRA, R.; TONINI, H. Forma do fuste de eucalipto em diferentes arranjos de plantio e espaçamentos. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 3, p. 137-141, 2017.
- CURTIS, R. O. Height-diameter and height-diameter-age equations for second-growth Douglas-fir. **Forest science**, v. 13, n. 4, p. 365-375, 1967.
- DEMAERSCHALK, J. P. Integrated systems for the estimations of tree taper and volume. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 3, n. 1 p.90-4, 1973.
- FERREIRA, A. C.; ROCHA, L. C.; AMARAL FIGUEIREDO, M. Análise do índice de qualidade de água na bacia do Córrego do Rio Acima, São João Del-Rei/MG. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 3, n. 15, p. 94-105, 2015.
- GARAY, L. **Tropical forest utilization system**. VIII. A taper model for entire stem profile including buttressing. Seattle: Coll. Forest. Resourch, Institute of Forest Products. University of Washington, 1979. 64 p.

GARCÍA, O. Growth modeling: a (re)view. **New Zealand Forestry**, v.33, n.3, p.14-17, 1988.

GRAYBILL, F.A. **Theory and application of the linear model**. Massachusetts: Duxbury Press, 1976. 704p.

IMAÑA ENCINAS, J.; SILVA, G. F. D.; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**. Brasília: ed. Universidade de Brasília, 2005. 43p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Dados Gerais do município. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=316250>>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2018.

KOZAK, A.; MUNRO, D. D.; SMITH, J. H. G. Taper Function and their Applications in Forest Inventory. **Forestry Chronicle**, v. 45, n. 4, p. 278-283, 1969.

KRUSCHEWSKY, G. C.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; OLIVEIRA, T. D. Arranjo estrutural e dinâmica de crescimento de *Eucalyptus* spp., em sistema agrossilvipastoril no cerrado. **CERNE**, v. 13, n. 4, p. 360-367, 2007.

LEITE, H. G.; GAMA, J. V.; CRUZ, J. P.; SOUZA, A. L. Função de afilamento para *Virola surinamensis* (ROLL.) WARB. **Revista Árvore**, v. 30, n. 1, p. 99-106, 2006.

LEMO JUNIOR, J. E. M., E SILVA-NETO, C. D. M., DE SOUZA, K. R., GUIMARÃES, L. E., OLIVEIRA, F. D., GONÇALVES, R. A.; MONTEIRO, M. M.; LIMA, N. L. VENTUROLI, F.; CALIL, F.N. Volumetric models for *Eucalyptus grandis* x *urophylla* in a crop-livestock-forest integration (CLFI) system in the Brazilian cerrado. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 15, p. 1336-1343, 2016.

MAGALHÃES, J. G. D. S. **Prognose e regulação de florestas de eucalipto utilizando modelo de crescimento e inteligência computacional**. 2014. 66p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa- MG. 2014.

MAGALHÃES, W. M.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIM, N.; HIGASHIKAWA, E. M.; YOSHITANI-JUNIOR, MAURO. Desempenho silvicultural de espécies de *Eucalyptus* spp. em quatro espaçamentos de plantio na região noroeste de Minas Gerais. **Floresta e Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 01 - 07, 2006.

MULLER, M. D.; SALLES, T. T.; PACIULLO, D. S. C.; BRIGHENTI, A. M.; DE CASTRO, C. R. T. Equações de altura, volume e afilamento para eucalipto e acácia estabelecidos em sistema silvipastoril. **FLORESTA**, v. 44, n. 3, p. 473-484, 2014.

NOGUEIRA, G. S.; LEITE, H. G.; REIS, G. G.; MOREIRA, A. M. Influência do espaçamento inicial sobre a forma do fuste de árvores de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 855 - 860, 2008.

OLIVEIRA, J. C. Mínimos quadrados generalizados: uma proposta à modelagem do crescimento e produção em povoamentos não desbastados de eucalipto. Viçosa: UFV, 2012. 80p. **Dissertação (Mestrado)** – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E. M. Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 1, n. 60, p. 1-9, 2009.

OLIVEIRA NETO, S. N.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; LEITE, H. G. Arranjos estruturais do componente arbóreo em sistema agrossilvipastoril e seu manejo por desrama e desbaste. **Informe Agropecuário**, v. 31, n. 257, p. 47-58, 2010.

ORMEROD, D.W. A simple bole model. **Forestry Chronicle**, v. 49, n.3, p. 136-138, 1973.

PAULA, R. R.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; OLIVEIRA NETO, S. N.; LEITE, H. G.; MELIDO, R. C. N.; LOPES, H. N. S.; SOUZA, F. C. Eucalypt growth in monoculture and silvopastoral systems with varied tree initial densities and spatial arrangements. **Agroforestry Systems**, v. 87, n. 6, p. 1295-1307, 2013.

PEREIRA, A. C. M.; ALMEIDA, J. C. C.; MOREIRA, T. G. B.; ZANELLAS, P. G.; CARVALHO, C. A. B.; MORAIS, L. F.; SOARES, F. A.; LIMA, M. A. Avaliação do componente arbóreo e forrageiro de sistemas silvipastoris na mesorregião dos "Campos das Vertentes" de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.5, n.1, p. 66-77, 2015.

RIBEIRO, G. B., ISBAEX, C., VALVERDE, S. R. Produção de biomassa florestal para energia em sistemas agroflorestais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 92, p. 605-618, 2017.

SALLES, T. T.; LEITE, H. G.; OLIVEIRA NETO, S. N.; SOARES, C. P. B.; PAIVA, H. N.; SANTOS, F. L. Modelo de Clutter na modelagem de crescimento e produção de eucalipto em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 253 - 260, 2012

SCHUMACHER, F.; HALL, F. Logarithmic expression of timber-tree volume. **Journal of Agricultural Research**. v. 47, n. 1, p. 719-734, 1933.

SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998, 443 p.

SILVA, S.; OLIVEIRA NETO, S. N.; LEITE, H. G.; OBOLARI, A. M. M.; SCHETTINI, B. L. S. Avaliação do uso de regressão e rede neural artificial para modelagem do afilamento do fuste de eucalipto em sistema silvipastoril. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 23, p. 189-199, 2016.

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

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; VARELLA, A. C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 2, p. 443-451, 2009.

SOARES, C. P. B.; NETO, F. P.; SOUZA, A. L. **Dendrometria e inventário florestal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 276 p.

SOUZA, A. N.; OLIVEIRA, OLIVEIRA, A. D.; SCOLFORO, J. R. S.; REZENDE, J. M. P.; MELLO, J. M. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. **CERNE**, v. 13, n. 1, p. 96-106, 2007.

SOUZA, J. C. M.; FIÚZA, A. L. C.; PEREIRA, C. M. M. A.; AMODEO, N. B. P. O processo sucessório em propriedades de produtores de leite nos municípios de Coronel Xavier Chaves e Silveirânia, em Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 60, n.5, p. 603-609, 2013.

SOUZA, R. R.; NOGUEIRA, G. S.; MURTA JÚNIOR, L. S.; PELLI, E.; OLIVEIRA, M. L. R.; ABRAHÃO, C. P.; LEITE, H. G. Forma de fuste de árvores de *Eucalyptus* em

plantios com diferentes densidades iniciais. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p.33-40, 2016.

SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York: The Ronald Press, 1952. 476p.

TORRES, C. M.; OLIVEIRA, A.; PEREIRA, B.; JACOVINE, L.; OLIVEIRA NETO, S. N.; CARNEIRO, A.; TORRES, C. Estimativas da produção e propriedades da madeira de eucalipto em Sistemas Agroflorestais. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 137-148, 2016.

ZANIN, E.; BICHEL, A.; MANGILLI, L. G. Bem-estar de vacas leiteiras em sistema silvipastoril. **PUBVET**. v.10, n.5, p.381-387, 2016.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se que a seleção adequada de espécies arbóreas para composição de sistemas agroflorestais, bem como o arranjo espacial utilizado, varia conforme características ambientais, sociais e de nível tecnológico utilizados. Assim, indicadores, como a produção madeireira e as características dendrométricas, podem ser consideradas determinantes para que se obtenha sucesso na implantação do modelo de SAF mais eficiente possível.

Com os resultados do estudo científico em questão, é possível identificar que a produtividade madeireira e as características dendrométricas foram influenciadas tanto pelos clones quanto pelos arranjos espaciais utilizados. Ressalta-se que no experimento conduzido para verificação da influência dos arranjos espaciais sobre o componente arbóreo, os resultados não são conclusivos, uma vez que os tratamentos são inequívocos, sendo, portanto, possível apenas inferir sobre os aspectos produtivos e dendrométricos das árvores inseridas nas diferentes densidades (arranjos espaciais).

De uma maneira geral, os resultados deste estudo podem ser extrapolados para outros locais da região, onde as condições edáficas e climáticas sejam semelhantes. Entretanto, é necessário que haja cautela para que interpretações errôneas não sejam tomadas, de forma a evitar recomendações generalistas a respeito da escolha do material genético e do arranjo espacial. Portanto, pode-se afirmar que estudos deste mesmo cunho devem ser elaborados e conduzidos em diferentes condições ambientais para que se tenham dados capazes de subsidiar maiores ganhos quanto a produção madeireira e características dendrométricas.