



CAMILA HELENA TEIXEIRA

**SELEÇÃO DE CLONES DE *Eucalyptus spp.* PARA O ESTADO
DE GOIÁS**

LAVRAS – MG

2019

CAMILA HELENA TEIXEIRA

SELEÇÃO DE CLONES DE *Eucalyptus spp.* PARA O ESTADO DE GOIÁS

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharela.

Prof. Evandro Novaes

Orientador

Msc. Antonio Carlos da Mota Porto

Coorientador

LAVRAS – MG

2019

CAMILA HELENA TEIXEIRA

SELEÇÃO DE CLONES DE *Eucalyptus spp.* PARA O ESTADO DE GOIÁS

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharela.

APROVADA EM 21 DE NOVEMBRO DE 2019.

Msc. Antonio Carlos da Mota Porto

Dr. Lucas Rodrigues Rosado

Prof. Evandro Novaes

Orientador

LAVRAS – MG

2019

*À minha mãe, Helena, sempre incentivadora
deste sonho.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela oportunidade de realizar este sonho e pelas bênçãos durante essa caminhada. À minha família, em especial minha mãe, por todo o incentivo e a minha irmã Bruna, pelo apoio nos momentos felizes e difíceis.

Agradeço também ao meu namorado, Luiz Fernando, por toda a paciência e por acreditar neste sonho como se dele fosse.

À minha família de Lavras, Marília, Luana, Paloma, Ellen e Letícia, por fazer este caminho mais divertido. Aos colegas da Agronomia, em especial Rebeca, Gabriela e Luiza por todo o auxílio e companheirismo durante esses cinco anos.

Aos amigos distantes, em especial Flávia, Regislane, Matheus, Palloma, Sara e a todos que torceram e se fizeram presentes, apesar das barreiras físicas.

À UFLA, pelas oportunidades ofertadas, especialmente de cursar uma graduação de excelência. Aos meus ex-orientadores, Prof. Dr. Leila Aparecida Salles Pio e Prof. Dr. José Airton Rodrigues Nunes e seus orientados, por todo o conhecimento compartilhado

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Evandro Novaes e a meu Coorientador Msc. Antônio Carlos da Mota Porto pela disponibilidade e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Ao proprietário da fazenda, Sr. Paulo de Moraes, e as empresas JP Florestal e Copebras onde os experimentos foram instalados. A Suzano Papel e Celulose, pelo apoio financeiro, e a Clonar Resistência a Doenças Florestais, pelo apoio na implantação dos experimentos.

E a todos que de alguma forma contribuíram para este dia. A vocês meus eternos agradecimentos!

“A ciência e a vida cotidiana não podem e não devem ser separadas.” (Rosalind Franklin)

RESUMO

Plantios florestais com espécies de crescimento rápido, como as do gênero *Eucalyptus*, disponibilizam madeira e demais produtos florestais de forma sustentável, reduzindo a pressão sobre as florestas nativas. Com o avanço da eucaliptocultura para as regiões Norte e Centro-Oeste do país, é importante que novas pesquisas sejam desenvolvidas para buscar genótipos adaptados a essa nova realidade. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é selecionar clones superiores para diferentes ambientes no Estado de Goiás. Assim, três testes clonais de *Eucalyptus* foram instalados nos municípios de Catalão, Corumbá-de-Goiás e Luziânia. Em cada local foram implantados 93 clones (94 em Catalão), sendo que, desses, 85 estão sendo testados nos três ambientes, oito apenas em Catalão, sete somente em Luziânia, e oito exclusivamente em Corumbá de Goiás, e um em Catalão e Luziânia. O delineamento experimental dos ensaios foi blocos completos casualizados, com parcelas de árvore única e 29 blocos. O espaçamento utilizado foi de 3x3m. A circunferência à altura do peito, em centímetros, e a altura total, em metros, de todas as árvores foram medidas aos seis anos, possibilitando a estimativa do incremento médio anual de volume de madeira (IMA), em m³/ha/ano. Além disso, foram estimados os seguintes parâmetros genéticos: σ_e^2 : Variância residual; σ_c^2 : Variância genotípica; σ_i^2 : Variância da interação GxA; h_c^2 : Herdabilidade na média de clones; h_i^2 : Herdabilidade individual; $r_{\hat{g}}$: Acurácia seletiva na média de clones; CV_g : Coeficiente de variância genético; CV_e : Coeficiente de variância residual e CV_r : Coeficiente de variação relativa. Foi calculada ainda a interação Genótipos x Ambientes, e realizada a decomposição da mesma em parte simples e complexa entre pares de ambientes. Em Catalão, os clones com maiores valores de IMA foram SUZA0217, Codemin-645 e 335. Já em Corumbá-de-Goiás, os maiores valores de IMA corresponderam aos clones CLR 454, BA4068 e Codemin-645. Em Luziânia, valores superiores de IMA foram obtidos para os clones BA7346, GG680-Gerdau e V.Metais-36. Na análise conjunta, os clones SUZA0217, BA4068, e CLR454 foram responsáveis pelos maiores valores de IMA. É possível perceber que diversos clones alteraram sua posição no ranking nos diferentes locais e na análise conjunta, o que evidencia a existência da interação genótipos por ambientes do tipo complexa. Concluiu-se que é possível selecionar clones específicos para diferentes locais, explorando a ampla variabilidade genética existente entre os clones e capitalizando a interação genótipos x ambientes.

Palavras-chave: Eucaliptocultura. Incremento Médio Anual. Parâmetros genéticos.

ABSTRACT

Forest plantations with fast-growing species, such as the *Eucalyptus* genus, is a sustainable source of timber and other forest products, reducing pressure on native forests. With the advance of the eucalyptus culture to the North and Midwest regions of the country, it is important that new research is developed to find genotypes adapted to this new reality. The objective of this work is to select superior clones for different environments in the State of Goiás. Thus, three *Eucalyptus* clonal tests were planted in the municipalities of Catalão, Corumbá-de-Goiás and Luziânia. In each site were implemented 93 clones (94 in Catalan), of which 85 are being tested in the three environments, eight only in Catalão, seven only in Luziânia, and eight exclusively in Corumbá de Goiás, and one in Catalão and Luziania. The experimental design was a randomized complete block with single tree plots and 29 blocks. The spacing used was 3x3m. The circumference at breast height, in centimeters, and the total height, in meters, of all trees were measured at six years, making it possible to estimate the mean annual increment in wood volume (MAI) in m³/ha/year. In addition, the following genetic parameters were estimated: σ_e^2 : Residual variance; σ_c^2 : Genotypic variance; σ_i^2 : Interaction variance GxA; h_c^2 : Inheritance on average clones; h_i^2 : Individual heritability; $r\hat{g}g$: Selective accuracy in average clones; CV_g : Coefficient of genetic variance; CV_e : Coefficient of residual variance and CV_r : Coefficient of relative variation. The Genotypes x Environments interaction was also calculated and decomposed into simple and complex parts between pairs of environments. In Catalão, the clones with the highest MAI values were SUZA0217, Codemin-645 and 3335. In Corumbá-de-Goiás, the highest of MAI corresponded to clones CLR 454, BA4068 and Codemin-645. In Luziânia, higher MAI values were found for clones BA7346, GG680-Gerdau and V.Metais-36. In the joint analysis, clones SUZA0217, BA4068 and CLR454 were responsible for the highest values of MAI. It was possible to notice that several clones changed their ranking in the different locations and in the joint analysis, which evidences the existence of a complex interaction of genotypes by environments. It was concluded that it is possible to select specific clones for different sites, exploring the wide genetic variability between clones and capitalizing on genotype x environment interaction.

Keywords: Eucalyptus culture. Mean Annual Increment. Genetic parameters.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 Importância econômica e ambiental dos plantios florestais	10
2.2 A cultura do <i>Eucalyptus</i> no Brasil	11
2.3 A eucaliptocultura na região Centro-Oeste	13
2.4 Melhoramento genético do eucalipto	15
2.5 Teste clonal	17
2.6 Importância das estimativas de parâmetros genéticos no processo de seleção	18
3 MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1 Experimentos para avaliação de clones de <i>Eucalyptus spp.</i> em Goiás	20
3.2 Área de estudo	23
3.3 Preparo do solo e instalação dos experimentos	24
3.4 Coleta e análise dos dados	24
3.5 Análise dos dados e estimativa de parâmetros genéticos	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5 CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro possui destaque no âmbito mundial em razão da diversidade de suas florestas nativas e ao excelente desempenho de suas florestas plantadas. Razões relevantes para a elevada produtividade dos plantios comerciais referem-se às ações de melhoramento florestal, com trabalhos mais intensos a partir da década de 1970, e com o desenvolvimento da silvicultura clonal, principalmente para as espécies do gênero *Eucalyptus*.

O gênero *Eucalyptus* é um dos mais relevantes dentre as essências florestais, em razão da grande diversidade de ambientes aos quais é adaptado, além de sua ampla diversidade genética intra e inter-específica, com mais de setecentas espécies. A área total de árvores plantadas no Brasil alcançou 7,83 milhões de hectares em 2018, ao passo que os plantios de eucalipto correspondem a 5,7 milhões de hectares desse total (IBÁ, 2019).

Os testes clonais emergiram com o propósito de selecionar materiais genéticos de alta produtividade e adequados a diversos usos, tal como avaliar e explorar a interação dos genótipos com os diferentes ambientes. A seleção de clones superiores trata-se de prática de elevada relevância e que deve ser efetuada rigorosa e continuamente, em razão dos longos ciclos de desenvolvimento das essências florestais. Desse modo, a prática do melhoramento florestal exige cada vez mais métodos de seleção eficientes e precisos.

Pesquisas relacionadas à estimativa de parâmetros genéticos para seleção de genótipos superiores também são importantes, na medida em que podem ser utilizados para racionalizar as estratégias de melhoramento. O estudo da interação de genótipos com ambientes (GxA) também torna-se imprescindível para selecionar e recomendar os melhores clones para determinada região.

Apesar de ser o gênero mais plantado em Goiás, ainda são raros os estudos genéticos com florestas plantadas de *Eucalyptus* no Estado. Desse modo, são escassos dados de quais são os melhores genótipos de *Eucalyptus* para as diferentes condições edafoclimáticas do estado de Goiás. Apesar da relevância ainda incipiente de Goiás no setor florestal, este possui grande potencial e localiza-se em zonas de atual expansão da eucaliptocultura, tal como demais regiões interioranas do Centro-Oeste, Norte, Nordeste do país.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é selecionar clones com elevada produtividade de madeira em diferentes ambientes no Estado de Goiás, explorando a variabilidade genética existente entre os clones já desenvolvidos por empresas do setor florestal.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância econômica e ambiental dos plantios florestais

O segmento de florestas plantadas, com destaque para os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, tem colaborado com a produção de bens e serviços, agregação de valor aos produtos florestais e para a geração de empregos, divisas, tributos e rendas. Este tornou-se relevante meio de desenvolvimento sustentável devido à abordagem responsável das empresas do setor com os aspectos econômicos, ambientais e sociais (PINTO JÚNIOR; SILVA; AHRENS, 2014).

Boa parte desse êxito é devido ao empreendedorismo das indústrias florestais, à construção de sólidas cadeias produtivas, aos investimentos em pesquisa, à formação de trabalhadores capacitados, à disponibilidade de terras e de mão de obra e às condições edafoclimáticas benéficas ao crescimento das árvores. Para isso, foi imprescindível desenvolver uma das mais avançadas silviculturas de florestas plantadas do mundo, partindo do plantio de espécies de rápido crescimento, com as dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*. Conjuntamente aos benefícios mencionados, tem ocorrido um intenso interesse de investidores nacionais e internacionais em compor ativos florestais e de fazer parte dessa próspera atividade econômica brasileira (PINTO JÚNIOR; SILVA; AHRENS, 2014).

Líder mundial em produtividade de madeira, o segmento florestal do Brasil tem o desafio de intensificar sua produção para suprir a crescente demanda por fibras, madeira, energia e novas utilizações ainda na etapa de pesquisa e desenvolvimento, sempre considerando o manejo sustentável das florestas, que realizam relevante função na proteção e conservação dos ecossistemas (VECHI; MAGALHÃES JÚNIOR, 2018).

A indústria brasileira de árvores plantadas é, na atualidade, referência mundial devido a sua sustentabilidade, competitividade e inovação. Voltadas para a produção de celulose, papel, painéis de madeira, pisos laminados, carvão vegetal e biomassa, as árvores plantadas originam centenas de produtos e subprodutos existentes em nossas casas e cotidiano. Além disso, as florestas plantadas executam função essencial na redução dos efeitos das mudanças climáticas; e disponibilizam inúmeros serviços ambientais, como a regulação dos ciclos hidrológicos, o controle da erosão e da qualidade do solo e conservação da biodiversidade (VECHI; MAGALHÃES JÚNIOR, 2018).

O Brasil está entre os maiores produtores de celulose, papel e painéis de madeira do mundo, com exportações que representam inquestionável colaboração na balança comercial e geram grande proporção de empregos e renda em todas as regiões brasileiras. Devido a sua importância para o desenvolvimento social, ambiental e econômico nacional, o segmento tem

realizado investimentos para tornar subprodutos e resíduos dos processos industriais em produtos inovadores, renováveis e que colaborem para o estabelecimento de uma economia de baixo carbono (VECHI; MAGALHÃES JÚNIOR, 2018).

A área total de árvores plantadas no Brasil alcançou 7,83 milhões de hectares em 2018, estável em relação ao ano de 2017 (IBÁ, 2019).

A economia apresentou leve crescimento do Produto Interno Bruto nacional (PIB), de 1,1% no ano de 2018. O setor que inclui pisos e painéis de madeira, papel, celulose, madeira serrada e carvão vegetal, teve crescimento de 13,1% em relação a 2017, gerando uma receita total de R\$ 86,6 bilhões. Em comparação com o desempenho de grandes setores, como a indústria e a agropecuária, o setor de árvores plantadas com finalidades industriais teve crescimento consideravelmente maior. Deste modo, progressivamente estabelece sua importância também nos dados econômicos nacionais, com uma contribuição de 1,3% do PIB e 6,9% do PIB industrial (IBÁ, 2019).

As exportações se mantiveram impulsionando o crescimento do setor em 2018, com comercializações de US\$ 12,5 bilhões, crescimento de 24,1% comparado ao ano de 2017. Celulose alcançou performance recorde no mercado externo, com o Brasil se destacando mundialmente como o maior exportador desse insumo. Por ter volumes comparativamente pequenos de importação, a contribuição do setor no saldo da balança comercial sofreu ampliação, alcançando um novo recorde de US\$ 11,4 bilhões (IBÁ, 2019).

Com uma área de influência de cerca de 1000 municípios em 23 Estados, o setor conta com a relevante função de geração de empregos e transformação de vidas. A geração de empregos diretos em 2018 teve crescimento de aproximadamente 1%, gerando impactos sobre 3,8 milhões pessoas direta e indiretamente. O setor de árvores plantadas colabora para o desenvolvimento socioeconômico e a dinamização da economia local (IBÁ, 2019).

2.2 A cultura do *Eucalyptus* no Brasil

O gênero *Eucalyptus* é pertencente à família Myrtaceae, contando com cerca de 600 espécies, além de muitas variedades e híbridos. O gênero possui elevado potencial para a indústria madeireira, devido ao seu rápido crescimento, boa adaptação às condições edafoclimáticas do Brasil e à produção de madeira com adequadas propriedades físicas e mecânicas. As características da madeira do eucalipto possibilitam sua indicação para utilizações distintas, sendo destacadas a laminação, a movelaria, as estruturas, a caixotaria, os postes, as escoras, os mourões e o carvão, sendo o *Eucalyptus grandis*, *E. urophylla*, *E.*

saligna, *E. tereticornis*, *E. globulus* e o *E. viminalis* as espécies mais cultivadas mundialmente (MARANGON, 2015).

O intenso emprego do eucalipto nos florestamentos se dá em virtude de sua diversidade de espécies, adaptabilidade em diversas regiões e climas e seu potencial de produção. Na medida em que fornece uma alternativa sustentável para o fornecimento de madeira, o eucalipto colabora para reduzir a pressão do desmatamento nas áreas de preservação e reservas legais de matas nativas e ainda contribui no sequestro de dióxido de carbono na atmosfera, reduzindo o efeito estufa (MARANGON, 2015).

Uma questão a ser destacada é o benefício possibilitado por florestas plantadas de eucalipto ao meio ambiente, contribuindo na recuperação de áreas degradadas. Entre as principais particularidades ambientais de áreas reflorestadas com essa cultura enfatizam-se: sequestro de carbono, diminuição do processo erosivo no solo, translocação de nutrientes das camadas mais profundas do solo para as mais superficiais, gerando considerável camada de matéria-orgânica que mantém a umidade do solo e diminui a temperatura do microclima (MARANGON, 2015).

O histórico do eucalipto no Brasil, iniciou-se com o uso ornamental das suas espécies, não havendo nenhum interesse comercial. Desde sua introdução no território brasileiro, há mais de um século, houve intensas alterações na cultura. A abertura de novas áreas, que eram recobertas por florestas, colaborou intensamente para a modificação do sistema ambiental gerada pela extração ilimitada de madeira e abertura de áreas com finalidade agrícola (VECHI; MAGALHÃES JÚNIOR, 2018).

Nessa perspectiva, as áreas nativas foram reduzidas, possibilitando a entrada, mesmo que discreta, de variedades de plantas originárias de outras regiões, visto que tratava-se de regiões colonizadas por indivíduos de outros territórios do Brasil e de outros países. Contudo esses fatores colaboraram para tornar o eucalipto uma cultura bastante difundida no território brasileiro (VECHI; MAGALHÃES JÚNIOR, 2018).

A introdução e o cultivo do eucalipto se davam em propriedades rurais com propósitos distintos e pontuais. Pequenos produtores realizavam o plantio como fonte de extração de madeira para uso próprio na construção de cercas. Era frequente também a utilização do eucalipto para ocupar espaços na propriedade cuja terra era pouco fértil, pedregosa, com declives acentuados. Destaca-se que a principal utilização do eucalipto não objetivava fatores econômicos, mas suprir demandas sem grande relevância (VECHI; MAGALHÃES JÚNIOR, 2018).

Os plantios de eucalipto representam, hoje, 5,7 milhões de hectares da área de árvores

plantadas do País e localizam-se, especialmente, em Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e no Mato Grosso do Sul (15%). Nos últimos cinco anos, a ampliação da área de eucalipto representou 2,4% a.a.. O Mato Grosso do Sul vem sendo líder desse crescimento, reportando crescimento de 400 mil hectares neste período, com uma porcentagem média de crescimento de 13% a.a. (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2018).

2.3 A eucaliptocultura na região centro-oeste

A expansão da agricultura no bioma Cerrado impulsionou sobreneira o setor agrícola brasileiro nos anos de 1970. Nas décadas de 1950 e 1960, a denominada Revolução Verde já era realizada nas nações desenvolvidas. Para o Brasil, foi sugerido o mesmo sistema de produção, com os denominados pacotes tecnológicos para a agricultura (VITAL, 2007 *apud* LOPES, 2013). A troca da capital da república para Brasília, no começo da década de 1960, acarretou um investimento representativo em infraestrutura nos estados incluídos no bioma Cerrado. Consequentemente houve intensa migração da população para essa região. Nessa época, o Cerrado torna-se ocupado pela agricultura tradicional e bovinocultura de corte, com pastagens extensivas e naturais. Em relação à agricultura, a região do Cerrado possuía baixa fertilidade, como efeito dos solos com elevada acidez (LOPES, 2013).

Nessa perspectiva, a ocupação do Cerrado não ocorreu em pequenas propriedades, devido às particularidades intrínsecas ao bioma, que exigia emprego de modernas tecnologias e grandes investimentos de capital. Entre várias culturas implantadas no Cerrado com a finalidade de produção, o eucalipto ainda ocupa uma área reduzida, em comparação com outras culturas mais tradicionais, como soja, milho e algodão (LOPES, 2013).

A silvicultura intensiva manteve-se com reduzido desenvolvimento durante muitos anos na região Centro-Oeste (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2015). A distância das principais indústrias do setor de florestas plantadas presentes nas regiões Sudeste e Sul, tal como dos mercados fornecedores de insumos e dos mercados consumidores, colaboraram para fundamentar a reduzida significância dessa região no mercado de florestas plantadas no decorrer dos anos (IBGE, 2014; INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2015).

Deste modo, grande parte das exigências em produtos florestais foram até então supridas pelo extrativismo regional ou por produtos da silvicultura oriundos de outras regiões (IBGE, 2014). Contudo, atualmente, o Centro-Oeste é visto como uma das novas fronteiras da silvicultura brasileira (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2015). Entre as

motivações desse considerável crescimento da área de florestas plantadas nessa região estão o crescimento populacional e elevado desenvolvimento econômico, que criam demandas para suprir diversas utilizações (REIS; MORAES, 2015).

Os empregos mais frequentes da madeira na região Centro-oeste são a polpação de celulose e fabricação de papel; produtos serrados para móveis, embalagens/paletes e construção civil; em usinas de preservação da madeira; produção de carvão vegetal para uso em siderúrgicas e também doméstico; lenha, em forma de toretes ou cavacos, para secadores de grãos, cerâmicas, olarias, pizzarias e também em caldeiras de empresas alimentícias, frigoríficos e laticínios; dentre outros (REIS; MORAES, 2015).

Em 2013, no Estado de Goiás, os plantios de eucalipto realizaram 99,1% do suprimento de madeira destinadas, especialmente, à utilização energética. Grande parcela da madeira de eucalipto produzida em Goiás, vem sendo empregada como fonte de energia para suprir demandas de caldeiras, secadores de grãos, indústrias de cerâmicas e fornos de mineradoras. A segunda colocação é ocupada por madeira em tora e, com pequena expressão, madeira para produção de carvão vegetal (IBGE, 2013).

As espécies mais cultivadas na região Centro-Oeste, para obtenção de produtos madeireiros, são eucalipto (*Eucalyptus* spp.), teca (*Tectona grandis*) e pinus (*Pinus* spp.) (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2015). Há ainda notável ampliação de plantios de mogno africano (*Khaya* spp.) a partir da década de 2000, os quais ainda não alcançaram a idade de corte final. A maior parte desses plantios tem sido introduzidos em áreas do Bioma Cerrado degradadas por outras atividades (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2015).

Em 2016, os plantios de eucalipto foram plantados em área de 159.225,41 ha, sendo a espécie florestal mais cultivada em Goiás. Nota-se que os plantios compõem 76% dos 246 municípios goianos. A área considerável voltada aos plantios de eucalipto justifica-se por razões como: adaptação a várias condições ambientais, disponibilidade e simplicidade de obtenção de informações silviculturais, maior produtividade de madeira frente a outras espécies florestais, rápido crescimento, ciclos de corte de curta rotação e madeira com características adequadas para diversas utilizações. Ademais, a propagação de árvores com genótipos superiores, por meio de clonagem, tem tornado possível o estabelecimento de plantios mais uniformes, produtivos, com matéria-prima homogênea e tolerância a alguns dos fatores bióticos e abióticos de relevância econômica (REIS et al., 2017).

Entre os 187 municípios que cultivam eucalipto, as dimensões da área plantada é variável 3,3 ha a 12.239,54 ha. Nota-se que 60% dos plantios concentram-se em 10% dos

municípios que plantam eucalipto. Ademais, 36% dos municípios com plantios de eucalipto correspondem a mais de 90% da área plantada estadual (REIS et al., 2017).

A mesorregião do Sul Goiano conta com o maior número de municípios com plantios de eucalipto e ainda a maior percentagem de área plantada. A mesorregião do Leste Goiano relaciona a segunda maior área plantada estadual. Contudo, a mesorregião do Centro Goiano é destacada pela maior proporção de municípios com pequenas áreas, sendo mais distribuídas na área dessa mesorregião (REIS et al., 2017).

Considerando os municípios com plantios de eucalipto, somente 14 deles superam 3.500 ha de área plantada, contando com 54,5% da área plantada estadual. Os municípios de Niquelândia, Rio Verde, Campo Alegre de Goiás, Cristalina e Ipameri contam com áreas que superam 8.000 ha, simbolizando 29,50% da área estadual (REIS et al., 2017).

Atualmente, no estado de Goiás, os melhores desempenhos em produção de madeira vem sendo alcançados com clones, em que ao menos um dos genitores seja da espécie *Eucalyptus urophylla*, como AEC 1443 (*E. urophylla*), AEC 2244 (*E. urophylla*), AEC 15285 (*E. urophylla* x *E. grandis*), AAC 6456 (*E. urophylla*), AAC 337 (*E. urophylla*), AAC 868 (*E. urophylla*) e VM 019 (*E. urophylla* x *E. camaldulensis*) (REIS et al., 2017).

2.4 Melhoramento genético do eucalipto

Com os cultivos comerciais iniciados no Brasil no início do século XX, tem-se realizado projetos de melhoramento genético do eucalipto no decorrer dos anos. Primordialmente, foram caracterizadas espécies com maior potencial para as diferentes áreas de cultivo. Entre os anos de 1960 e 1980 foram executados testes de espécies e procedências. Logo após, houve crescimento dos testes de progênies e os Programas de Seleção Recorrente Intrapopulacional (SRI). Partindo de 1990, intensos programas de hibridação foram instituídos e, em 2000, tiveram início os programas de Seleção Recorrente Recíproca (SRR), para melhoramento entre espécies distintas, principalmente entre *E. urophylla* x *E. grandis* (FONSECA et al., 2010).

No decorrer dos programas de melhoramento, ocorreu ainda a transição dos plantios seminais para plantios clonais. O êxito dos plantios clonais reduziu, parcialmente, a realização de cruzamentos e os programas de seleção recorrente, mas na atualidade os programas de melhoramento são prioritários no segmento florestal, com o propósito de obtenção de genótipos superiores, especialmente para clonagem, mas ainda para o plantio seminal

(FONSECA et al., 2010).

O melhoramento brasileiro do eucalipto é realizado, em sua grande maioria, pelas grandes empresas do setor de celulose, painéis de madeira e siderurgia. Outras instituições que colaboram para o melhoramento do eucalipto são a EMBRAPA e universidades como a UFV, ESALQ/USP, UFLA, UNESP E UFPR, que têm produzido trabalhos em colaboração com as empresas. Algumas dessas instituições disponibilizam, ainda, sementes geneticamente melhoradas (FONSECA et al., 2010).

Uma boa integração floresta x indústria é indispensável para a escolha, priorização e redirecionamento das características de qualidade da madeira, para seleção e melhoramento, de acordo com o uso final. O sucesso do melhoramento depende da existência de germoplasma bem adaptado aos locais de plantio para garantir a seleção de clones com alto potencial de crescimento e adaptação (FONSECA et al., 2010).

Um programa de melhoramento genético deve possuir suas estratégias bem estabelecidas, planejadas em curto e longo prazos, objetivando obter materiais genéticos melhorados para características desejáveis. A seleção dos materiais genéticos superiores, em programas de melhoramento florestal, tem sido realizada considerando os caracteres silviculturais de interesse, como volume de madeira, forma do tronco da árvore, qualidade da madeira para usos múltiplos e resistência a pragas e doenças. Esses materiais genéticos devem assegurar a sustentabilidade dos plantios comerciais e a continuidade do programa de melhoramento por meio da seleção realizada em gerações avançadas de árvores e clones superiores (SOUZA, 2016).

Os programas de melhoramento genético de culturas perenes são caros e de ciclos longos. Esse fato, somado a sua relevância, exigem que o melhoramento florestal seja executada com rigor, para se ter experimentos cada vez mais eficientes e métodos de seleção mais precisos (PINTO et al., 2014).

Três linhas de ação distintas são sugeridas para melhor entendimento, organização e direcionamento dos trabalhos: Seleção clonal; Estratégia global de melhoramento; e Conservação da base genética (FONSECA et al., 2010). As estratégias de melhoramento florestal devem levar em conta os efeitos da interação genótipo x ambiente (GxA), objetivando ampliar a produtividade do material genético, empregando aqueles com maior capacidade de adaptação em ambientes distintos. A produtividade da floresta está relacionada de modo direto à qualidade do material genético empregado, tendo sua produtividade maximizada quando bem adaptada às condições edafoclimáticas locais (SOUZA, 2016).

Em Goiás têm sido realizados diversos experimentos, como os publicados por Ribeiro

(2017) e Oliveira (2018), em parceria com a Universidade Federal de Goiás-UFG e empresas privadas, visando à obtenção de clones de elevada produtividade de madeira para a região.

2.5 Teste clonal

O melhoramento florestal, conjuntamente às técnicas silviculturais da atualidade, torna possível a constituição de florestas mais eficientes que supram os caracteres tecnológicos exigidos pelo mercado. Como o eucalipto é uma planta arbórea, de grande porte e de ciclo longo, os experimentos com a espécie exigem grandes áreas experimentais e gastos com recursos humanos e financeiros.

Teste clonal trata-se do estabelecimento de experimentos, objetivando à confirmação/comparação de árvores selecionadas advindas de propágulos vegetativos (clones). A seleção de árvores superiores para clonagem deve ser realizada em condições de campo, com delineamento experimental eficiente e em locais representativos (SILVA, 2001). Segundo FLAMPTON e FOSTER (1993) citado por Silva (2001), os testes clonais visam, dentre outros, comparar tipos de propágulos, avaliar o desempenho clonal, conhecer as interações “clone x ambiente”, estimar os parâmetros genéticos, estimar o efeito “C” (efeito-clonagem) e demonstrar a "performance" da futura floresta clonal a ser constituída.

Entre as inúmeras estratégias empregadas na avaliação de clones de *Eucalyptus*, têm-se utilizado duas etapas de seleção. A etapa inicial ocorre com número elevado de clones, em que são adotadas parcelas reduzidas e em vários locais, com a seleção ocorrendo aos três anos, baseando-se em caracteres silviculturais e tecnológicos. Nesse primeiro teste clonal, as parcelas são reduzidas, sendo frequente o uso de parcelas de árvores únicas (*single-tree plot*) que conferem maior acurácia seletiva ao experimento (SILVA, 2001).

De acordo com pesquisas realizadas por Gezan et al. (2006), o uso de parcelas de árvores únicas (*single-tree plot*) resultou em crescimento médio na relação entre a correlação real e valores preditos de 5%. Desse modo, parcelas de árvores únicas possibilitam uma amostragem eficiente da variação ambiental e diminui a variância dos erros encontrados em parcelas com mais de quatro linhas.

Na segunda etapa, os clones selecionados na etapa inicial são avaliados em experimentos ampliados (escala-piloto), objetivando avaliar a "performance" representativa em plantio comercial (SILVA, 2001). Esse segundo teste clonal é conhecido como “teste clonal ampliado”, pois os clones que chegam até essa etapa são plantados em grandes parcelas (p.ex. de 100 árvores) para simular a condição de plantio monoclonal.

Os testes clonais ampliados podem ser considerados a etapa final dos ciclos de seleção recorrente do melhoramento florestal. Nessa etapa, os melhores genótipos avaliados nos testes genéticos são propagados vegetativamente e implantados em competição em escalas piloto e até mesmo em plantios comerciais. Na eucaliptocultura, a propagação vegetativa é frequentemente realizada por miniestaquia. Nesses testes, é imprescindível que se estabeleça o tamanho mínimo/ da amostra - que é dependente da combinação entre número de repetições e de plantas na parcela - que assegure a confiabilidade dos dados coletados. Esse dado é tão relevante quanto as estimativas da variabilidade genética e dos componentes de variância diversos, para o estabelecimento do método de seleção de indivíduos em uma população. Ademais, é frequente que sejam realizadas, nesses testes, avaliações periódicas do crescimento (ARAÚJO et al., 2015).

Em experimentos florestais, as estratégias eficientes de melhoramento são essenciais, bem como um alto grau de precisão experimental, conseqüentemente, uma alta acurácia sobre os valores genotípicos dos tratamentos em avaliação. Neste contexto, a acurácia seletiva é um dos parâmetros mais relevantes em uma avaliação experimental, pois, informa sobre a forma correta de ordenar as cultivares para fins de seleção (AZEVEDO, 2013).

A escolha dos métodos de seleção acurados depende de fatores como a herdabilidade do caráter, número de indivíduos e famílias avaliados no experimento, influência ambiental na área, dentre outros (AZEVEDO, 2013).

2.6 Importância das estimativas de parâmetros genéticos no processo de seleção

A estimativa de parâmetros genéticos possui considerável relevância em programas de melhoramento genético, visto que tornam possível deliberar acerca da escolha da metodologia adequada, os caracteres que devem ser selecionados em estágios iniciais e avançados de um programa de melhoramento e ainda ao peso que se deve vincular a cada caráter, isoladamente ou em conjunto (SILVEIRA, 2007).

Os parâmetros genéticos estimados por meio das variâncias citadas são, em geral: coeficiente de variação genética (CVG%), coeficiente de variação ambiental (CVE%), herdabilidade no sentido amplo (h^2) e no sentido restrito (h^2_r), ganhos genéticos, absolutos (Gs) e relativos (Gs%), correlações fenotípica (rF%) e acurácia (r) (COSTA, 2012).

O ganho genético é dependente da herdabilidade do caráter que se deseja selecionar, da intensidade de seleção realizada e da variabilidade genética disponível na população de melhoramento. Quanto maior o nível de expressão da variabilidade genética frente ao

ambiente, maiores serão os ganhos obtidos com a seleção e, conseqüentemente, maior a produtividade da geração seguinte (COSTA, 2012).

Deste modo, a compreensão da natureza e extensão dos efeitos gênicos que controlam um caráter é imprescindível para o processo de seleção. A presença da variância genética aditiva é um sinal de relacionamento entre o comportamento da unidade selecionada e a unidade melhorada, isto é, sua descendência. O valor genético aditivo é um indicativo do número de alelos favoráveis da unidade de seleção (SILVEIRA, 2007).

A herdabilidade pode ser conceituada como a proporção da variância genética presente na variância fenotípica. Segundo Falconer e Mackay (1996), ela indica a confiabilidade do valor fenotípico como estimador do valor genético, visto que nos programas de melhoramento mensura-se apenas o valor fenotípico. Assim, quanto maior a herdabilidade, maior a influência do valor genotípico sobre a variância fenotípica e menor a influência do ambiente.

Para se estabelecer a metodologia de seleção mais adequada deve-se compará-las dentro da conjuntura específica em que o experimento se encontra, o qual dependerá da herdabilidade do caráter objeto da seleção, do número de famílias e indivíduos avaliados por experimento, da heterogeneidade ambiental no local do experimento, entre outros. Para a comparação de metodologias emprega-se o estimador específico para a acurácia desenvolvido para cada método, referente à correlação entre o valor genético verdadeiro do indivíduo e o índice fenotípico empregado para estimá-lo. A acurácia é dependente da herdabilidade, da repetibilidade do caráter, da quantidade e qualidade dos procedimentos e informações empregados na predição dos valores genéticos. Como está relacionada à precisão na seleção, a acurácia é o principal componente do progresso genético em que o melhorista pode alterar objetivando maximizar o ganho genético (NASCIMENTO, 2010).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Experimentos para avaliação de clones de *Eucalyptus spp.* em Goiás

Em 2012 foram implantados três experimentos com o propósito de selecionar clones superiores de *Eucalyptus* em três diferentes locais do estado de Goiás. Para a execução do teste clonal, a Universidade Federal de Goiás e a empresa Suzano estabeleceram uma parceria. A empresa disponibilizou uma parcela do seu material genético, objetivando testar seus genótipos em locais que geralmente sofrem déficit hídrico, e ainda colaborou no recrutamento da empresa Clonar, responsável pela instalação, avaliação e acompanhamento do experimento.

Grande parte dos clones empregados, os quais foram obtidos de várias empresas, são de domínio público. Foram empregados diversos clones de espécies puras ou híbridos de diversas espécies de *Eucalyptus spp.* (Tabela 1). Em cada local foram implantados 93 clones (94 em Catalão), sendo que, desses, 85 estão sendo testados nos três ambientes, oito apenas em Catalão, sete somente em Luziânia, e oito exclusivamente em Corumbá de Goiás, e um em Catalão e Luziânia. A seleção foi realizada com enfoque no Incremento Médio Anual (IMA) de madeira.

Tabela 1 – Número, siglas identificadoras e espécies dos 109 clones avaliados nos experimentos localizados em Catalão (CTL), Luziânia (LUZ) e Corumbá-de-Goiás (COR).

N°	Clone	Espécies	Ambientes		
			CTL	LUZ	COR
1	1258	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	x	x	x
2	1270	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
3	1407	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	x	x	x
4	1528	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	x	x	x
5	3281	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	x	x	x
6	3301	<i>E. grandis</i>	x	x	x
7	3334	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	x	x	x
8	3335	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	x	x	x
9	3336	Híbrido espontâneo de <i>E. urophylla</i>	x	x	x

N°	Clone	Espécies	Ambientes		
			CTL	LUZ	COR
10	3487	Desconhecida	x	x	x
11	3501	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	x	x	x
12	3674	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	x	x	x
13	386	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	x	x	x
14	4490	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
15	SUZA0211	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	x	x	x
16	SUZA0217	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	x	x	x
17	SUZA0373	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
18	SUZA0469	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
19	BA2004	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
20	BA2149	Desconhecida	x	x	x
21	BA2391	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	x	x	x
22	BA4068	Desconhecida	x	x	x
23	BA7346	Desconhecida	x	x	x
24	SUZBA9318	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	x	x	x
25	BA9843	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	x	x	x
26	CLR 433	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
27	CLR 454	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
28	CLR 401	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
29	CLR 404	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
30	CLR 405	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
31	CLR 406	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
32	CLR 408	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
33	CLR 409	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
34	CLR 410	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
35	CLR 412	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
36	CLR 413	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
37	CLR 414	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
38	CLR 440	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
39	CLR 417	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
40	CLR 418	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
41	CLR 431	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
42	CLR 438	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
43	CLR 421	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
44	CLR 422	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
45	CLR 423	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
46	CLR 424	<i>E. urophylla</i>	x	x	x
47	CLR 435	<i>E. urophylla</i>	x	x	x

N°	Clone	Espécies	Ambientes		
			CTL	LUZ	COR
48	CLR 425	<i>E. urophylla</i>	X	X	X
49	CLR 426	<i>E. urophylla</i>	X	X	X
50	CLR 427	<i>E. urophylla</i>	X	X	X
51	CLR 458	<i>E. urophylla</i>	X	X	X
52	CLR 428	<i>E. urophylla</i>	X	X	X
53	CLR 455	<i>E. urophylla</i>	X	X	X
54	Codemin-33	<i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>	X	X	X
55	Codemin-645	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	X	X	X
56	Codemin-704	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	X	X	X
57	Codemin-713	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	X	X	X
58	Copebras-80	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	X	X	X
59	Copener-1277	<i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>	X	X	X
60	Copener-1404	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	X	X	X
61	Copener-6500	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	X	X	X
62	<i>C. citriodora</i>	<i>C. citriodora</i>	X	X	X
63	Cosipar 07	<i>E. pellita</i> x <i>E. grandis</i>	X	X	X
64	<i>E. cloeziana</i>	<i>E. cloeziana</i>	X	X	X
65	GG157	Desconhecida	X	X	X
66	GG23-Gerdau	<i>E. resinifera</i> x <i>E. grandis</i>	X	X	X
67	GG24-Gerdau	<i>E. resinifera</i> x <i>E. grandis</i>	X	X	X
68	GG47-Gerdau	<i>E. tereticornis</i> x <i>E. pellita</i>	X	X	X
69	GG68-Gerdau	Desconhecida	X	X	X
70	GG680-Gerdau	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	X	X	X
71	GG702-Gerdau	<i>E. urophylla</i>	X	X	X
72	SUZMA2000	<i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i>	X	X	X
73	SUZMA2001	<i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i>	X	X	X
74	SUZMA2003	<i>E. urophylla</i> x <i>E. brassiana</i>	X	X	X
75	SUZMA2015	<i>E. saligna</i>	X	X	X
76	SUZMA2022	<i>E. grandis</i> x (<i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i>)	X	X	X
77	SUZMA2040	<i>E. urophylla</i> x <i>E. tereticornis</i>	X	X	X
78	SUZEGR26D2	Desconhecida	X	X	X
79	V.Metais-36	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	X	X	X
80	V.Metais-58	<i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>	X	X	X
81	VM1	<i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>	X	X	X
82	VM62	<i>E. camaldulensis</i> x <i>E. tereticornis</i>	X	X	X
83	BA9856	<i>E. urophylla</i>	X	X	X
84	BA9931	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	X	X	X
85	Toreliodora	<i>E. torelliana</i> x <i>C. citriodora</i>	X	X	X

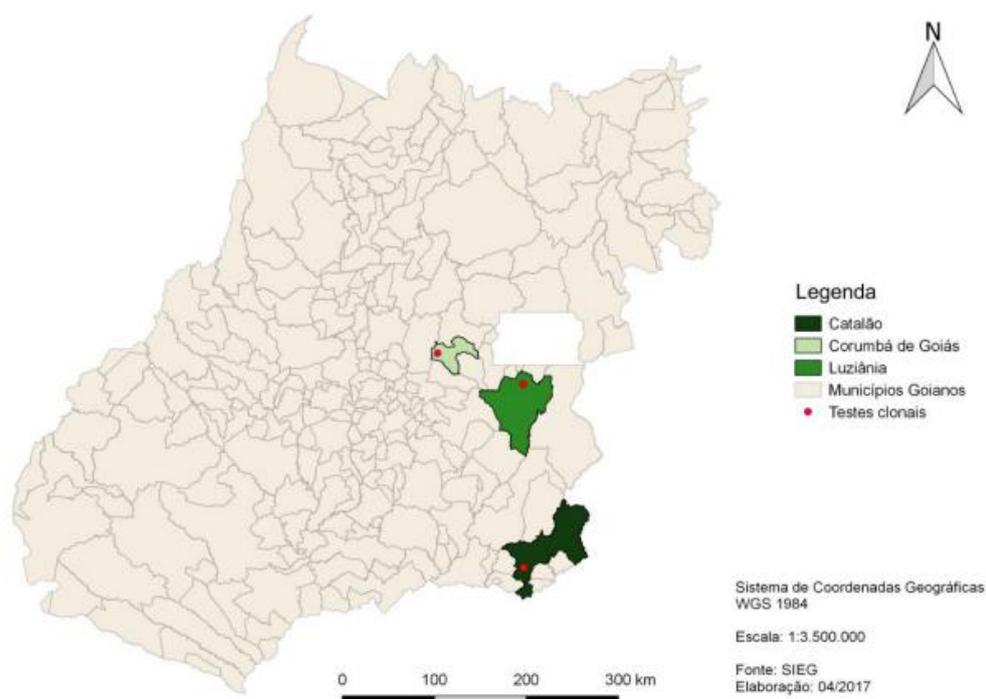
N°	Clone	Espécies	Ambientes		
			CTL	LUZ	COR
86	CLR 415	<i>E. urophylla</i>	x	x	
87	2504	<i>E. urophylla</i> x <i>E. camaldulensis</i>	x		
88	2571	<i>E. urophylla</i>	x		
89	69	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>	x		
90	SUZA0023	<i>E. grandis</i>	x		
91	CLR 407	<i>E. urophylla</i>	x		
92	CLR 411	<i>E. urophylla</i>	x		
93	CLR 416	<i>E. urophylla</i>	x		
94	CLR 429	<i>E. urophylla</i>	x		
95	3007	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>		x	
96	3346	Desconhecida		x	
97	3476	<i>E. camaldulensis</i> (híbrido)		x	
98	3567	Desconhecida		x	
99	520	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>		x	
100	BA9845	<i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i>		x	
101	CAF 1	<i>E. grandis</i>		x	
102	CLR 292	<i>E. saligna</i>			x
103	CLR 432	<i>E. urophylla</i>			x
104	CLR 400	<i>E. urophylla</i>			x
105	CLR 402	<i>E. urophylla</i>			x
106	CLR 403	<i>E. urophylla</i>			x
107	CLR 434	<i>E. urophylla</i>			x
108	CLR 441	<i>E. urophylla</i>			x
109	CLR 444	<i>E. urophylla</i>			x

Fonte: Do autor (2019)

3.2 Área de estudo

Os experimentos com diversos materiais genéticos de *Eucalyptus* foram instalados, na propriedade do Sr. Paulo de Moraes (Luziânia, GO) e nas empresas JP Florestal (Corumbá de Goiás, GO) e Copebras (Catalão, GO) (Figura 1). Essas regiões contam com condições características do bioma Cerrado, com estação seca definida, solo com pH ácido, baixa saturação de bases e alta saturação por alumínio. As características geográficas e edafoclimáticas das localidades são apresentadas na Tabela 2.

Figura 1 – Localização geográfica dos testes clonais com *Eucaliptus spp.*, no estado de Goiás



Fonte: Oliveira (2018)

Tabela 2 – Características geográficas e climáticas dos ambientes que foram avaliados os testes clonais de *Eucaliptus spp.*

Variáveis edafoclimáticas	Ambientes		
	Catalão	Luziânia	Corumbá de Goiás
Latitude (UTM)	18° 19' 01''	16° 02' 03''	15° 55' 27'' Sul
Longitude (UTM)	47° 50' 47'	48° 44' 40''	48° 48' 32'' Oeste
Altitude (m)	835	930	962
Precipitação (mm)	1482	1515	1513
Temperatura média (°C)	22,2	21,0	22,7
Solo	Latossolo vermelho-amarelo	Plintossolo háplico	Latossolo amarelo

Fonte: Do autor (2019)

3.3 Preparo do solo e instalação dos experimentos

Em cada uma das propriedades foi efetuado o preparo do solo com subsolagem a 90 cm, aplicação de gesso e calcário, adubação composta por nitrogênio, fósforo, potássio e boro, segundo a análise química do solo, além de capina química com glifosato em área total e controle de formigas. Os plantios foram efetuados no período chuvoso, em dezembro de 2012. Os experimentos foram implantados no delineamento experimental de blocos completos casualizados, contando com 93 tratamentos (clones) (94 em Catalão) e 29 repetições empregando parcelas de árvores únicas (*single tree plots*), com espaçamento de 3 x 3 metros (m).

Tabela 3 – Análise de solo das três localidades

	Catalão	Luziânia	Corumbá
Camada 0-20 cm			
Teor de argila (%)	48,4	34,0	44
Teor de silte (%)	39,2	39,1	45
Teor de areia (%)	12,4	26,9	11
pH ($CaCl_2$)	4,5	4,4	4,6
CTC	5,3	4,7	5,57
V (%)	10	13	35
H + Al (%)	90	88	64
Camada 20-40 cm			
Teor de argila (%)	50	20	34
pH ($CaCl_2$)	4,3	4,7	4,6
CTC	5,7	2,5	4,68
V (%)	10	20	24
H + Al (%)	90	79	76

Fonte: Do autor (2019)

3.4 Coleta e análise dos dados

Para a avaliação do desenvolvimento das árvores aos seis anos após o plantio, foi mensurada a circunferência a altura do peito (CAP a 1,30 m do solo), utilizando uma fita métrica (convertido a DAP, dividindo o CAP pela constante τ (Pi)), e altura, por meio do clinômetro. Com base nesses dados foi estimado o volume de madeira por indivíduo, em metro cúbico (m³) (Equação 1).

$$V_i = \frac{\pi * dap^2}{40000} * H_t * ff \quad [1]$$

em que:

V_i = volume individual (m^3);

H_t = altura total (m);

dap = diâmetro a 1,3 m de altura (cm);

ff = fator de forma (0,46243) (MIRANDA et al., 2015).

Calculou-se também o volume total por hectare, multiplicando-se o V_i pelo número total de árvores por hectare (i.e. 1111 árvores no espaçamento de 3x3 m) e pela taxa de sobrevivência dos clones. A partir do volume total por hectare, estimou-se o IMA empregando-se a seguinte equação:

$$IMA = \frac{V}{T} \quad [2]$$

Em que:

IMA = incremento médio anual ($m^3/ha/ano$);

V = volume total por hectare (m^3/ano);

T = idade da plantação (anos).

3.5 Análise dos dados e estimativa de parâmetros genéticos

Para as análises para cada ambiente, procedeu-se análise de variância utilizando o seguinte modelo:

$$y_{ij} = u + b_j + c_i + e_{ij} \quad [3]$$

Onde y_{ij} é a observação do clone i dentro do bloco j ; b_j é a observação bloco j ; c_i é o efeito do clone i e e_{ij} é o efeito aleatório do erro experimental associado à observação y_{ij} .

Após a realização das análises individuais, analisou-se a pressuposição de variâncias residuais homogêneas dos três ambientes por meio do teste “F” máximo de Hartley. Verificada essa pressuposição, realizou-se uma análise de variância conjunta dos dados dos três experimentos utilizando o modelo abaixo.

$$y_{ijk} = u + b_{j(k)} + c_i + a_k + ca_{ik} + e_{ijk} \quad [4]$$

Onde y_{ijk} é a observação do clone i dentro do bloco j , no ambiente k ; b_j é a observação bloco j dentro do ambiente k ; c_i é o efeito do clone i ; a_k é o efeito do ambiente k ; ca_{ik} é o efeito da interação entre o genótipo i e o ambiente k e e_{ijk} é o efeito aleatório do erro experimental associado à observação y_{ijk} .

Com os resultados das análises de variância, foram obtidas as esperanças dos quadrados médios dos efeitos e os estimadores das variâncias. Com isso foi possível estimar os seguintes parâmetros genéticos estatísticos:

Análise individual:

$$\text{Variância residual: } \sigma_e^2 = QME$$

$$\text{Variância genotípica: } \sigma_c^2 = \frac{QMG - QME}{r}$$

$$\text{Herdabilidade na média de clones: } h_c^2 = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_c^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}}$$

$$\text{Herdabilidade individual: } h_i^2 = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_c^2 + \sigma_e^2}$$

$$\text{Acurácia seletiva na média de clones: } r\hat{g}g = \sqrt{1 - \left(\frac{1}{Fc}\right)}$$

$$\text{Coeficiente de variância genético: } CV_g = \frac{\sqrt{\sigma_c^2}}{\bar{X}}$$

$$\text{Coeficiente de variância residual: } CV_e = \frac{\sqrt{\sigma_e^2}}{\bar{X}}$$

$$\text{Coeficiente de variação relativa: } CV_r = \frac{CV_g}{CV_e}$$

Análise conjunta:

$$\text{Variância residual: } \sigma_e^2 = QME$$

$$\text{Variância genotípica: } \sigma_G^2 = \frac{QMG - QME}{rl}$$

$$\text{Variância da interação GxA: } \sigma_i^2 = \frac{QMGA-QME}{r}$$

$$\text{Herdabilidade na média de clones: } h_c^2 = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_c^2 + \sigma_i^2 + \frac{\sigma_e^2}{r}}$$

$$\text{Herdabilidade individual: } h_i^2 = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_c^2 + \sigma_i^2 + \sigma_e^2}$$

em que:

QME: Quadrado médio dos erros;

QMG: Quadrado médio de genótipos;

QMGA: Quadrado médio de genótipos x ambientes;

\bar{X} : média geral do caractere;

r: número de repetições;

Fc: F calculado;

l: número de locais.

Após análise de variância, foram ajustadas as médias dos clones em cada local e na análise conjunta. Com isso, foi possível ranquear os clones em cada local e verificar visualmente a interação do desempenho dos clones nos locais.

Para avaliar quantitativamente a interação GxA, foi realizada a decomposição da mesma em parte simples e complexa entre pares de ambientes, utilizando o método sugerido por Cruz e Castoldi (1991):

$$V_{LS} = \frac{1}{2}(\sqrt{V_{L1}} - \sqrt{V_{L2}})^2 + (1 - r_{G12})\sqrt{V_{L1}V_{L2}} \quad [5]$$

em que:

V_{L1} é a variância genética do local 1; V_{L2} é a variância genética do local 2; r_{G12} é a correlação genética entre os ambientes 1 e 2;

$\frac{1}{2}(\sqrt{V_{L1}} - \sqrt{V_{L2}})^2$ corresponde à parte simples da interação entre os locais 1 e 2;

$(1 - r_{G12})\sqrt{V_{L1}V_{L2}}$ corresponde à parte complexa da interação também entre os locais 1 e 2.

Todas as análises foram realizadas com auxílio do software R (R Core Team, 2018), utilizando principalmente os pacotes doBy (HØJSGAARD; HALEKOH, 2018), plyr (WICKHAM, 2011), dplyr (WICKHAM, 2019) e ggplot2 (WICKHAM, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa dos parâmetros genéticos analisados individualmente demonstrou uma maior variância residual (σ_e^2) em Luziânia (180,44), seguido por Catalão (173,25) e Corumbá de Goiás (169,98). Contudo, em relação à variância genotípica (σ_c^2), o maior valor foi encontrado em Corumbá de Goiás (207,10), seguido por Luziânia (150,54) e Catalão (145,32).

Em relação à herdabilidade na média dos clones (h_c^2) e herdabilidade individual (h_i^2), respectivamente, os maiores valores foram encontrados em Corumbá de Goiás (0,97; 0,55), e não diferiram em Catalão e Luziânia (0,96; 0,46). A acurácia seletiva na média de clones ($r\hat{g}g$) encontrada foi ligeiramente superior em Corumbá (0,99) e não diferiu em Catalão e Luziânia (0,98), demonstrando elevada precisão experimental. Em relação aos coeficientes de variância, o genético (CV_g) não houve diferenças entre Catalão e Corumbá de Goiás (0,35) e foi inferior em Luziânia (0,31). O coeficiente de variância residual (CV_e) foi superior em Catalão (0,38), seguido por Luziânia (0,34) e Corumbá (0,31). O coeficiente de variação relativa (CV_r) foi superior em Corumbá de Goiás (1,10), seguido por Catalão (0,92) e Luziânia (0,91).

Tabela 4 – Parâmetros genéticos estimados para cada local e na análise conjunta.

Análises individuais				
Parâmetros	Catalão	Luziânia	Corumbá de Goiás	Análise conjunta
σ_e^2	173,25	180,44	169,98	175,42
σ_c^2	145,32	150,54	207,10	140,95
σ_i^2	-	-	-	46,21
h_c^2	0,96	0,96	0,97	0,73
h_i^2	0,46	0,46	0,55	0,39
$r\hat{g}g$	0,98	0,98	0,99	0,85
CV_g	0,35	0,31	0,35	0,31
CV_e	0,38	0,34	0,31	0,34
CV_r	0,92	0,91	1,10	0,90
M	32,87	40,76	39,10	37,66

σ_e^2 : Variância residual σ_c^2 : Variância genotípica σ_i^2 : Variância da interação GxA h_c^2 : Herdabilidade na média de clones h_i^2 : Herdabilidade individual $r\hat{g}g$: Acurácia seletiva na média de clones CV_g : Coeficiente de variância genético CV_e : Coeficiente de variância residual CV_r : Coeficiente de variação relativa **M**: IMA médio (m³/ha/ano)

Fonte: Do autor (2019)

Em relação aos resultados da análise conjunta, foram encontrados os valores de 175,42 para variância residual (σ_e^2) e 140,95 para variância genotípica. A variância da interação G x A (σ_i^2) foi de 46,21. A herdabilidade na média de clones (h_c^2) estimada foi de 0,73, ao passo que a herdabilidade individual (h_i^2) encontrada foi de 0,39 devido à interação GxE, que dificulta a seleção de bons clones para os três ambientes.

A herdabilidade encontrada na análise individual encontrada é reduzida frente à herdabilidade na média de clones. Em relação aos coeficientes de variância, foram encontrados os valores de 0,31 para o genético (CV_g); 0,34 para o residual (CV_e) e de 0,90 para o coeficiente de variação relativa (CV_r).

Oliveira (2018), analisando os dados de crescimento desses mesmos experimentos no quarto ano após o plantio, encontrou os valores de variância genotípica de 337,07 para Catalão, 91,01 para Corumbá de Goiás, 214,95 para Luziânia e 79,77 na análise conjunta. Em relação à herdabilidade individual, foram encontrados os valores de 0,48-0,56 para Catalão, 0,24-0,30 em Corumbá, 0,47-0,55 em Luziânia e o valor de 0,16-0,19 para a análise conjunta. Na herdabilidade na média por clones foram encontrados os valores de 0,97 para Catalão e Luziânia, 0,92 para Corumbá e 0,65 na análise conjunta.

Em relação à acurácia seletiva, Oliveira (2018) encontrou os valores de 0,98 para Catalão e Luziânia, 0,96 para Corumbá e 0,81 na análise conjunta. A variância da interação G x A encontrada foi de 101,06 na análise conjunta. O coeficiente de variação relativa encontrado foi de 1,05 em Catalão, 0,61 em Corumbá, 1,02 em Luziânia e 0,54 na análise conjunta. As diferenças encontradas entre este trabalho e os valores encontrados pelo autor podem ser justificadas devido às épocas de análise distintas, alterando os parâmetros genéticos. Com uma maior idade, as árvores têm maior tempo para expressar os seus valores genéticos, o que talvez tenha contribuído para aumentar os valores de herdabilidade e a acurácia seletiva aos seis anos de idade.

Na tabela 5 estão os resultados da análise de interação Genótipos x Ambientes. A correlação entre locais foi de 0,52 entre Catalão e Luziânia, 0,57 entre Corumbá e Luziânia, e 0,54 entre Catalão e Corumbá. A maior parte da interação foi estimada como sendo de origem complexa, com proporções variando 96,47% a 99,97% entre os pares de locais. Estes resultados demonstram a especificidade e alternância de postos (rankings) dos clones com maiores valores de Incremento Médio Anual (IMA) em cada local.

Tabela 5 – Resultados da análise da interação Genótipos x Ambientes

Análise da Interação Genótipos x Ambientes			
Parâmetro	Catalão-Luziânia	Corumbá-Luziânia	Catalão-Corumbá
Correlação entre locais	0,52	0,57	0,54
Interação Simples (%)	0,03	3,52	2,71
Interação Complexa (%)	99,97	96,47	97,29

Fonte: Do autor (2019)

Oliveira (2018) encontrou valores de correlação genética entre pares de ambientes de 0,42, 0,46 e 0,37, para Catalão-Corumbá, Catalão-Luziânia e Corumbá-Luziânia, respectivamente, valores considerados baixos. Decompondo-se a variação genética da interação dos clones pelos ambientes pelo método de Cruz e Castoldi (1991), Oliveira (2018) encontrou na análise conjunta que 26,04% dessa variância foi classificada como simples e 73,96% complexa.

A complexidade da interação entre clones e ambientes é evidenciada pela baixa correlação genética entre ambientes (0,52, 0,57 e 0,54 para Catalão-Luziânia, Corumbá-Luziânia e Catalão-Corumbá, respectivamente) e pelas alterações nos postos de muitos clones nos diferentes locais. Reduzidas correlações entre pares de ambientes tornam o melhoramento mais complexo, visto que os clones necessitam ser avaliados e selecionados isoladamente em cada local.

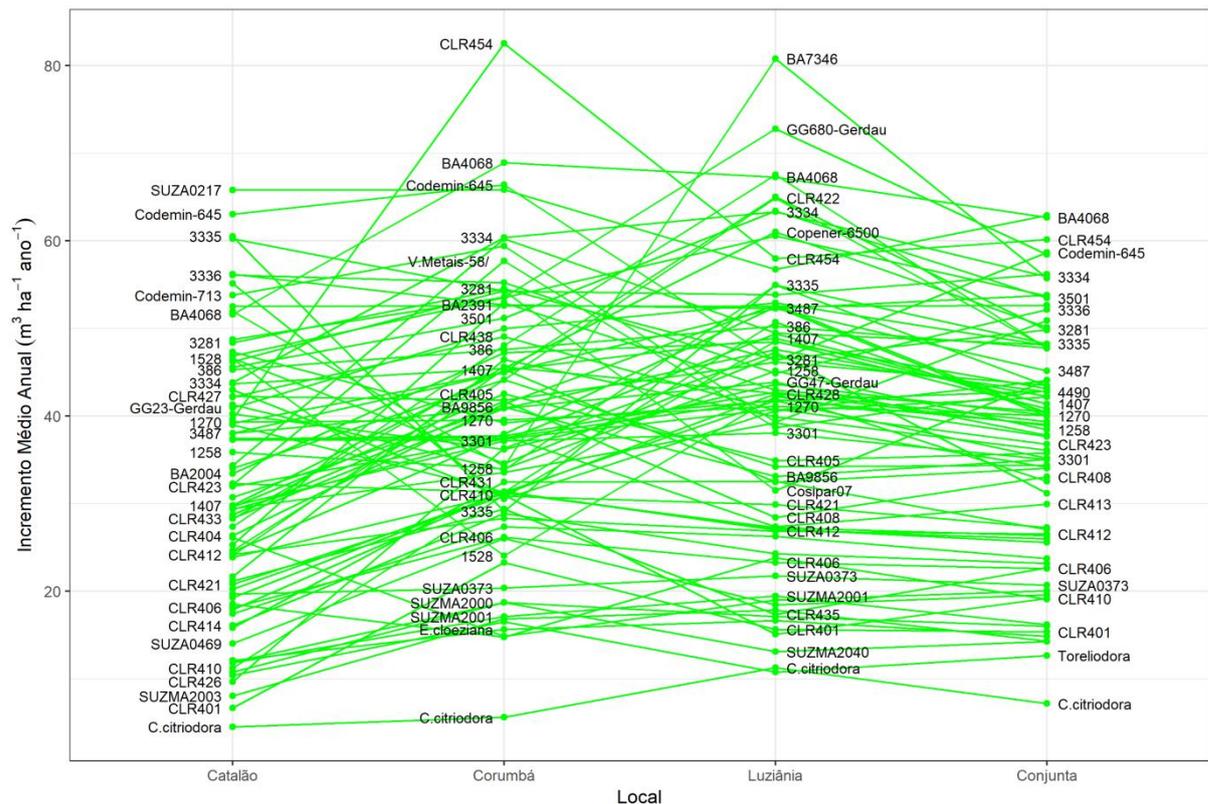
A ocorrência de diferentes respostas dos clones aos ambientes caracteriza a presença de interação, frequentemente constatada em diversas espécies de plantas cultivadas. Essa interação é significativa e relaciona-se a dois fatores. O primeiro, chamado simples, é obtido pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes, e o segundo, denominado complexo, é devido à baixa correlação entre os genótipos. Quando é atribuída ao segundo fator, a interação torna mais complexo o processo de melhoramento, visto que evidencia a inconsistência da superioridade do genótipo em relação à variação ambiental, ou seja, há genótipos com melhores desempenhos em um ambiente, mas não nos demais, tornando mais complexo selecioná-los ou recomendá-los (CRUZ; CASTOLDI, 1991).

A existência de tal interação, especificamente na eucaliptocultura pode ser capitalizada, visto que é possível selecionar genótipos específicos para cada localidade.

Na Figura 2 é apresentado os rankings dos clones com maiores valores de Incremento Médio Anual em cada localidade e na análise conjunta. Em Catalão, os clones com maiores valores de IMA foram SUZA0217 (65,81 m³/ha/ano), Codemin-645 (63,07 m³/ha/ano) e 335

(60,54 m³/ha/ano). Já em Corumbá, os maiores valores de IMA corresponderam aos clones CLR 454 (82,55 m³/ha/ano), BA4068 (68,92 m³/ha/ano) e Codemin-645 (66,38 m³/ha/ano). Em Luziânia, valores superiores de IMA referiram-se aos clones BA7346 (80,81 m³/ha/ano), GG680-Gerdau (72,78 m³/ha/ano) e V.Metais-36 (67,56 m³/ha/ano).

Figura 2 – Interação Genótipos x Ambientes em cada local e em análise conjunta



Fonte: Do autor (2019)

Na análise conjunta, os clones SUZA0217 (62,90 m³/ha/ano) BA4068 (62,67 m³/ha/ano), e CLR454 (60,15 m³/ha/ano) foram responsáveis pelos maiores valores de IMA.

Ribeiro (2017), analisando o desempenho silvicultural dos clones no quarto ano após o plantio, encontrou os clones GG680-Gerdau, Codemin-704 e 3335 como sendo os mais produtivos em Catalão. Já em Corumbá-de-Goiás os três clones mais produtivos foram CLR 454, Codemin-645, 3334; e em Luziânia, SUZA0217, 3335, BA 7346. Na avaliação conjunta dos três experimentos, os clones SUZA0217, Codemin-645 e BA2149, possuem as melhores médias de volume de madeira (m³/ha) nos três locais experimentais.

Nota-se que os clones alteraram seus postos (ranking) nos diferentes locais e também entre as idades de avaliação (quarto vs. sexto ano), evidenciando não somente interação

genótipo por ambiente como também interação de genótipos com a época de avaliação. Essa última interação dificulta a seleção precoce dos clones em idades anteriores à idade de corte.

Em trabalhos publicados encontram-se valores para IMA de: 32,84 m³/ha/ano em um teste clonal de *Eucalyptus* spp. no Rio Grande do Sul aos 36 meses de idade (SANTOS et al., 2015), 41,42 m³/ha/ano para clones de eucalipto em Minas Gerais com 36 meses (ROSADO et al., 2012) e 40,82 m³/ha/ano para um teste clonal de *Eucalyptus* spp. implantado em Santa Catarina, aos 48 meses de idade. Estes valores de IMA são semelhantes aos encontrados neste trabalho, visto que a média encontrada foi de 32,87 m³/ha/ano para Catalão, 37,66 m³/ha/ano na análise conjunta, 39,10 m³/ha/ano em Corumbá e 40,76 m³/ha/ano em Luziânia.

Além disso, também é necessário enfatizar que em testes clonais com parcelas de árvore única o desempenho dos melhores clones, geralmente, é superestimado. Isso se dá devido ao fato de que os clones com melhores potenciais genéticos sempre estarão em competição com clones de menor crescimento. Em cultivos monoclonais, esses clones provavelmente não alcançarão o mesmo crescimento volumétrico estimado no teste clonal com parcelas de árvores únicas. O contrário acontece com os clones de menor desempenho no teste clonal. Para estes clones, o crescimento volumétrico possivelmente encontra-se subestimado nos testes clonais, devido à competição com clones de maior crescimento (RIBEIRO, 2017).

Ao selecionarmos os 10 melhores clones de cada local, encontramos as seguintes coincidências: Catalão vs. Corumbá - 4 clones co-incidentes (40%); Catalão vs. Luziânia - somente 1 clone co-incidente (10%) e Corumbá vs. Luziânia - 2 clones co-incidentes (20%). Nenhum clone foi co-incidente entre os 3 locais. Ou seja, nenhum clone está presente na lista dos 10 selecionados em cada local. Isso tudo é mais uma evidência de uma forte interação GxA.

Por fim, os resultados desse experimento disponibilizam, de forma inédita, uma diversidade de clones de Eucalipto altamente produtivos para o estado de Goiás. Esse resultado é importante na medida em que a eucaliptocultura vêm migrando para a região Centro-Oeste e, ainda são escassas as pesquisas públicas para ajuste dos plantios de *Eucalyptus* a essa nova realidade. A disponibilização de uma diversidade de clones é importante para a sustentabilidade da eucaliptocultura na região, bem como para fornecer madeira para várias finalidades (energia, mourão, celulose, etc.).

5 CONCLUSÃO

Esse trabalho identificou diversos clones com elevadas produtividades, colaborando de modo efetivo para a ampliação da diversidade de clones plantados na atualidade no estado de Goiás. Tal fato é relevante para ampliar a sustentabilidade dos plantios de eucalipto na região, principalmente frente às mudanças climáticas e aos novos patógenos que podem afetar as florestas da região Centro-Oeste do Brasil.

Em Catalão, os clones com maiores valores de IMA foram SUZA0217, Codemin-645 e 335. Já em Corumbá, os maiores valores de IMA corresponderam aos clones CLR 454, BA4068 e Codemin-645. Em Luziânia, valores superiores de IMA referiram-se aos clones BA7346, GG680-Gerdau e V.Metais-36. Na análise conjunta, os clones SUZA0217 BA4068, e CLR454 foram responsáveis pelos maiores valores de IMA.

É possível perceber que diversos clones alteraram sua posição no ranking nos diferentes locais e na análise conjunta, o que evidencia a existência de interação complexa entre genótipos e ambientes. Deste modo, é possível a capitalização de tal interação, possibilitando a seleção de clones para ambientes específicos do estado de Goiás.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Márcio José de. Número de repetições, de plantas por parcela e de avaliações para testes clonais de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, Out 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015001000008>. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2015001000923. Acesso em: 4 set. 2019.

AZEVEDO, Luana Pâmela de Almeida. **Varição genética e seleção para caracteres de crescimento em progênies de Eucalyptus camaldulensis Dehnh.** 2013. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, 2013. Disponível em: <https://www1.ufmt.br/ufmt/unidade/userfiles/publicacoes/9148b45abdc2cb38e16881cb5c4bc07e.pdf>. Acesso em: 4 set. 2019.

COSTA, Everton Banco de dados SIDRA Gomes da. **Estimativas de parâmetros genéticos, diversidade e caracterização de Syngonanthus chrysanthus Ruhland como planta de vaso.** 2012. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, SP, 2012. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/areadoinstitutoposgraduacao/dissertacoes/pb121080%20Everton%20Gomes%20da%20Costa.pdf>. Acesso em: 4 set. 2019.

CRUZ, C.D. CASTOLDI, F.L. Decomposição da interação genótipos x ambientes em partes simples e complexa. **Revista Ceres** 38: 422-430, 1991.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics.** 4. ed. Edinburgh: Longman Group Limited, 1996. 464 p.

FONSECA, Sebastião Machado da *et al.* **Manual Prático de Melhoramento Genético do Eucalipto.** Viçosa, MG: Editora UFV, 2010.

GEZAN, Salvador A. *et al.* Comparison of Experimental Designs for Clonal Forestry Using Simulated Data. **Forest Science**, [s. l.], ano 52, ed. 1, p. 108-116, 2006. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/2e0c/35099eb5d17b91e73fbda158cf4e0d314954.pdf>. Acesso em: 18 set. 2019.

IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2013.** Rio de Janeiro, 2014. v. 28. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2013_. Acesso em: 3 set. 2019.

IBGE. **Rio de Janeiro, 2013.** Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl>. Acesso em: 3 set. 2019.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2019.** São Paulo, SP: [s. n.], 2018. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/pdf/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2019.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2017.** São Paulo, SP: [s. n.], 2018. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/pdf/iba-relatorioanual2017.pdf>. Acesso em: 1 set. 2019.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. IBA: Indústria Brasileira de Árvores. Brasília, DF, 2015. 80 p. Relatório Iba 2015. Indicadores de desempenho do setor nacional de árvores plantadas referentes ao ano de 2014. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/pdf/iba-relatorioanual2015.pdf>. Acesso em: 3 set. 2019.

LIMA, L. B. **Madeira reflorestada e exportação: caminhos para um setor em crescimento**. Revista da Madeira, Curitiba, ano 14, n. 51, 2005.

LOPES, Cassiomar Rodrigues. **Expansão da silvicultura de eucalipto no bioma cerrado: uma análise sob a perspectiva dos fatores físicos e socioeconômicos**. 2013. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) - Programa de Pós-Graduação em Agronegócio – PPAGRO da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás – EA/UFG, Goiânia, GO, 2013. Disponível em: https://ppagro.agro.ufg.br/up/170/o/Cassiomar_Rodrigues_Lopes.pdf. Acesso em: 2 set. 2019.

MARANGON, Wagner. **Avaliação técnica e econômica da implantação de povoamento de Eucalyptus grandis W. (Hill ex. Maiden)**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Curso de Agronomia – Departamento de Estudos Agrários da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, RS, 2015. Disponível em: <http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3358/vagner%20marangon%20-%20cc.pdf?sequence=1>. Acesso em: 2 set. 2019.

MIRANDA, D. L.C.; JUNIOR, V. B.; GOUVEIA, D. M. Fator de forma e equações de volume para estimativa volumétrica de árvores em plantio de Eucalyptus urograndis. **Scientia Plena**. Aracajú, v. 11, n. 3, p. 3-11, mar. 2015.

NASCIMENTO, Aline Galdino do. **Parâmetros genéticos obtidos por modelos mistos em progênies e procedências da Mimosa scrabella Bentham (bracatinga)**. 2010. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2010. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11137/tde-20092010-100325/publico/Aline_Galdino_do_Nascimento.pdf. Acesso em: 4 set. 2019.

OLIVEIRA, Rodrigo de Souza. **Estimação de parâmetros genéticos e seleção de clones de eucalipto em região de Cerrado**. 2018. Dissertação (Mestrado em GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS) – Universidade Federal de Goiás, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Orientador: Evandro Novaes.

PINTO, Danielle Silva *et al.* Seleção precoce para características de crescimento em testes clonais de Eucalyptus urophylla. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, SP, p. 251-257, Jun 2014. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr102/cap09.pdf>. Acesso em: 3 set. 2019.

PINTO JÚNIOR, José Elidney; SILVA, Helton Damin da; AHRENS, Sérgio. **Aspectos socioeconômicos, ambientais e legais da eucaliptocultura**. Colombo, PR, 2014. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7811&p_r_p_-996514994_topicoId=8510. Acesso em: 1 set. 2019.

R Core Team (2018). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

REIS, Cristiane Fioravante *et al.* **Cenário do setor de florestas plantadas em Goiás**. Goiânia, GO: Embrapa Florestas, 2017.

REIS, Cristiane Fioravante; MORAES, Alessandra da Cunha. **Produção de madeira de florestas plantadas na região Centro-Oeste do Brasil**. Colombo, RS: Embrapa Florestas, 2015. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1039877/1/Doc.287ProducaoMadeiraCrisReis.pdf>. Acesso em: 3 set. 2019.

RIBEIRO, Carlos Vinícius Gonçalves. **Desempenho silvicultural de clones de *Eucalyptus* spp. no estado de Goiás**. 2017. Curso (Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Goiás.

ROSADO, A. M. et al. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 7, p. 964-971, jul. 2012.

SANTOS, A. F. A. **Desempenho silvicultural de clones de *Eucalyptus* em duas regiões do estado de Mato Grosso**. 2015. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais)–Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2015.

SILVA, Rogério Luiz da. **Influência do tamanho da parcela experimental em testes clonais de eucalipto**. 2001. Tese (Magister Scientiae) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/11193/texto%20completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 4 set. 2019.

SILVEIRA, Gustavo Dias da. **Estimativas de parâmetros genéticos visando seleção de genótipos segregantes de soja**. 2007. 56 f. Tese (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2007. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/102833/silveira_gd_dr_jabo.pdf?sequence=1. Acesso em: 4 set. 2019.

HØJSGAARD, S.; HALEKOH, U. **doBy: Groupwise Statistics, LSmeans, Linear Contrasts, Utilities**. R package version 4.6-2 . 2018.

SOUZA, Izabel Christina Gava de. **Seleção e Melhoramento em Populações Clonais de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 2016. Tese (Doutorado em Genética) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, 2016. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/144245/souza_icg_dr_bot.pdf?sequence=3&isAllowed=y. Acesso em: 3 set. 2019.

VECHI, Anderson de; MAGALHÃES JÚNIOR, Carlos Alberto De Oliveira. Aspectos positivos e negativos da cultura do eucalipto e os efeitos ambientais do seu cultivo. **Revista Valore**, Volta Redonda, RJ, p. 495-507, Jan/Jun 2018.

WICKHAM, H., FRANÇOIS R., HENRY L., MÜLLER K. **dplyr: A Grammar of Data Manipulation**. R package version 0.8.0.1. 2019

WICKHAM, H.. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Springer-Verlag. New York, 2016.

WICKHAM, H. The Split-Apply-Combine Strategy for Data Analysis. **Journal of Statistical Software**, 40(1), 1-29, 2011.