

## **Eucalipto: histórico, seleção e problemas**

---

*Luis Carlos da Silva Soares  
Antoniele Maria Neves Pinho  
Philippe Guilherme Corcino Souza  
Ana Caroline de Oliveira Herculano  
Sarah Dieckman Assunção Rodrigues  
Rafaela Carla Santos Perpétuo  
Isadora Azevedo Perpétuo*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.6

## RESUMO

O Brasil é o país com maior produtividade de eucalipto no mundo. Tal performance é fruto de investimento da similaridade edafoclimática do Brasil com o seu centro de origem, avanços em práticas silviculturais e intensivos investimentos em pesquisas no melhoramento do gênero. O melhoramento florestal baseia-se majoritariamente nos princípios da experimentação permitindo estimar os componentes genéticos e selecionar os materiais de interesse. Durante a história do melhoramento florestal várias pesquisas foram desenvolvidas a fim de se estimar o número de plantas ideais por parcela e a quantidade ideal de repetições. Entretanto, hoje têm-se uma nova abordagem que visa compreender a influências de competição dos materiais em campo o que provoca estimativas viesadas impactando na seleção dos materiais. Propostas de melhorias vem sendo comentadas, porém ainda se tem dificuldade em controlar ou isolar tal fenômeno. Embora seja de conhecimento dos melhoristas que tal fenômeno incorra isso não tem sido um fator impeditivo para o avanço do melhoramento no setor florestal.

**Palavras-chave:** clones. silvicultura. estatística.

## KEYWORDS

Brazil is the country with the highest eucalyptus productivity in the world. This performance is the result of investment in Brazil's edaphoclimatic similarity with its center of origin, advances in silvicultural practices and intensive investments in research on gender improvement. Forest processing is mainly based on the principles of experimentation that allow better estimation of genetic components and selection of materials of interest. During the history of forest processing, several researches were found in order to estimate the number of plants per best plot and the ideal amount of repetitions. However, today there is a new approach that aims to understand the influence of the competition of materials in the field, which causes biased estimates impacting the selection of materials. Improvement proposals have been commented, but it is still difficult to control or isolate this phenomenon. Although it is known to the best that such a phenomenon occurs, this has not been an impediment to the advancement of improvement in the forestry sector.

**Keywords:** clones. forestry. statistics.

## INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* L'Hér corresponde a um grupo de mais de 600 espécies arbóreas e arbustivas pertencentes à família Myrtales oriundos da Austrália, Indonésia, Papua Nova Guiné e Tasmânia (ANDRADE, 1961). Em suas regiões de origem, o gênero representa 80% da área de florestas nativas (VALE *et al.*, 2014), ocupando uma ampla gama de ambientes, variando entre locais semiáridos à úmidos e do Trópico de Capricórnio (23°S) à latitude de 43°S (GRATTAPAGLIA; KIRST, 2008). Esse fato denota a plasticidade de adaptação a diferentes ambientes que algumas espécies do gênero possuem, desta forma, as empresas aproveitam dessa característica plantando nas mais diversas condições (REIS; SANTOS; PACHECO, 2021).

Os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* são os principais responsáveis pelo abastecimento de

produtos silviculturais no mundo. No Brasil, as espécies de *Eucalyptus* correspondem a 78% de áreas silviculturais, estimulando o desenvolvimento da economia (IBÁ, 2021). A similaridade edafoclimática com as regiões endêmicas e o avanço em melhoramento genético e em práticas de manejo tornou o Brasil o país com as maiores áreas de florestas plantadas de *Eucalyptus* com os menores ciclos de corte e maiores produtividades em volume de madeira em relação ao mundo (IBÁ, 2021).

O objetivo principal do melhoramento genético é obter plantas que atendam cada vez mais a demanda da indústria e do consumidor. Comumente, a obtenção de melhores genótipos com espécies de eucalipto se baseia no cruzamento de plantas, nas suas avaliações, seleção dos melhores indivíduos e no seu inter cruzamento. Com isso é possível se obter ganhos genéticos de maneira contínua ao passo que, realiza a manutenção da base genética dos programas de melhoramento (RESENDE *et al.*, 2005). Para tanto, é necessário que a etapa das avaliações apresente boa precisão permitindo que o máximo do ganho genético no programa possa ser alcançado.

Para se avaliar genótipos e realizar a seleção, é importante que estes estejam dispostos em experimentos seguindo algum delineamento estatístico. Isso possibilita decompor o fenótipo em efeitos genotípicos e efeitos ambientais e realizar a seleção com base nas informações genéticas inerentes a cada genótipo (RESENDE, 2002). Dentro de todas as variáveis intrínsecas aos delineamentos estatísticos o formato da parcela nos experimentos florestais quando se visa a seleção de progênes/clones é algo pouco explorado.

## O GÊNERO EUCALYPTUS

O gênero possui sete subgêneros politípicos (*Angophora*, *Corymbia*, *Blakella*, *Eudesmia*, *Symphyomyrtus*, *Minutifructa* e *Eucalyptus*) e seis subgêneros monotípicos (*Acerosa*, *Cruciformes Alveolata*, *Cuboidea*, *Idiogenes* e *Primitiva*) (BROOKER, 2000). Destes, o subgênero *Symphyomyrtus* corresponde à subdivisão mais importante do ponto de vista silvicultural, uma vez que detêm as principais espécies cultivadas no mundo (*E. grandis*, *E. urophylla*, *E. globulus*, *E. camaldulensis*, *E. nitens*, *E. pellita*, *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. dunnii*). Em algumas classificações o subgênero *Corymbia* não é retratado como pertencente ao gênero *Eucalyptus*. Estudos moleculares apresentam maior aproximação genética entre os gêneros *Corymbia* com o *Angophora* do que com o *Eucalyptus* (HILL; JOHNSON, 1995).

Em suas regiões de origem, o gênero representa 80% da área de florestas nativas (VALE *et al.*, 2014), ocupando uma ampla gama de ambientes, variando entre locais semiáridos à úmidos e do trópico de capricórnio à latitude de 43°S (GRATTAPAGLIA; KIRST, 2008). Isso resulta em diferenciações na formação florestal, onde há a presença de diferentes fitofisionomias como florestas de savana aberta, floresta xerófila de esclerófitas, “Malle” e floresta higrófila de esclerófilas (VALE *et al.*, 2014).

O interesse de se utilizar espécies do gênero, em plantios, para o uso humano, é justificado pelas suas características de crescimento rápido e a plasticidade de adaptação à diversos ambientes. Os registros mais antigos datados do início 1800 apontam a criação de povoamentos florestais de *Eucalyptus* na África do Sul, Chile, França, Índia e Portugal para a utilização humana (DOUGHTY, 2000).

O gênero *Eucalyptus* é um dos principais responsáveis no abastecimento de madeira e seus derivados no mundo (IBÁ, 2021). No Brasil 78% da produção florestal é sustentada por *Eucalyptus* sp., fomentando os setores de celulose, carvão e produtos madeireiros. Em 2020, o setor florestal obteve 1,0 % de participação no Produto Interno Bruto (PIB) movimentando a economia interna e gerando 2,9 milhões de postos de trabalho (IBÁ, 2021). Para a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura–FAO (2015), o setor florestal deve se expandir em de cerca de 40% até o ano de 2050 impulsionado pela inflação da população mundial aumentando a demanda de recursos madeireiros. Esse fato, configura-se, como uma oportunidade para o Brasil aumentar o seu desenvolvimento econômico, incrementando suas receitas e gerando novos empregos.

O sucesso da produção florestal nacional é vinculado a adoção de boas práticas de manejo, ao melhoramento genético e as condições edafoclimáticas do país. Esse conjunto de fatores possibilitaram uma alta produtividade brasileira em volume de madeira produzido por área ao ano e ao mesmo tempo menores ciclos entre o plantio e colheita em relação ao resto do mundo. Atualmente, a produtividade média dos plantios de eucalipto no Brasil é 36,8 m<sup>3</sup>.ha-1.ano-1 (IBÁ, 2021).

Os programas de melhoramento de *Eucalyptus* tem focado no melhoramento de diversas características além da produtividade, a fim de proporcionar maior rentabilidade e qualidade para os produtos no fim da cadeia produtiva (OLIVEIRA, 2021). Características como uma melhor qualidade da madeira, tolerâncias à estresses abióticos, adaptabilidade a uma ampla diversidade de regiões tropicais e subtropicais bem como boas propriedades físicas e químicas da madeira vem sendo exploradas com o intuito de fomentar o abastecimento de setores de celulose, energia e produtos madeireiros (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2011; OLIVEIRA, 2021).

Alguns estudos vêm sendo realizados com *Eucalyptus* a fim de verificar o seu potencial para usos além dos seguimentos tradicionais. Bragatto (2010) constatou um potencial na casca *Eucalyptus* para a produção de etanol mostrando que o resíduo é duas vezes mais produtivo que a cana-de-açúcar. Além disso, a casca possui potencial para a produção de taninos o qual pode ser utilizado na produção de adesivos para a colagem de madeira (SANTIAGO, 2016) e como coagulante no tratamento de água (KLUMB; LUÍS; FARIA, 2012). Ademais, as espécies do gênero têm potencial de produção de nanocristais de celulose podendo ser utilizados no reforço de materiais como filmes de quitosana (SOUZA, 2015), adesivos de madeira (DAMÁSIO *et al.*, 2017) e cimento (SANTOS; SILVA; PEREIRA, 2014), uma vez que possui resistência semelhante ao do aço.

## BREVE HISTÓRICO DO MELHORAMENTO DE EUCALYPTUS

As primeiras espécies de *Eucalyptus* foram introduzidas no Brasil no final do século XIX com o objetivo de utilizá-las no paisagismo, quebra-ventos e obtenção de óleos essenciais. Os primeiros experimentos de natureza silvicultural com eucalipto começaram a ser desenvolvidos no Brasil em 1904, com o intuito de avaliar o potencial da espécie em suprir a demanda de madeira para a construção ferroviária e carvão para as locomotivas (BERTOLA, 2013; OLIVEIRA, 2021).

Graças aos estudos de Edmundo Navarro subsidiado pela Companhia Paulista de Es-

tradas de Ferro e Fluvial, pouco a pouco, as florestas de *Eucalyptus* foram crescendo no país, substituindo parte do consumo de madeira nativa. Em 1966, estima-se que no Brasil havia uma área plantada de cerca de 400 mil hectares com espécies do gênero (BERTOLA, 2013; SANTORA; PENTEADO; JÚNIOR, 2014).

Os primeiros esforços de um programa de melhoramento genético de *Eucalyptus* se iniciam em 1941, com uma parceria de Navarro e o pesquisador do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) Carlos Arnaldo Krug. O principal objetivo era propor mecanismos que contornassem a heterogeneidade observada nos plantios. Contudo, foi apenas em 1967 que surgiu oficialmente o primeiro programa de melhoramento de *Eucalyptus* no Brasil, cujo objetivo era obter sementes melhoradas para a propagação de povoamentos florestais (FERREIRA; SANTOS, 1997; CASTRO *et al.*, 2016).

Os resultados das primeiras tentativas do melhoramento de *Eucalyptus* demonstravam que as sementes possuíam baixa qualidade genética e fisiológica. Para solucionar tal problema, as empresas Champions e Duratex convidaram o Professor LD Pryor, que recomendou a introdução de novos materiais genéticos da Austrália visando a ampliação a base genética nacional (FERREIRA, 1993; FERREIRA; SANTOS, 1997; CASTRO *et al.*, 2016).

No final dos anos 1960, os materiais genéticos plantados no Brasil apresentavam problemas de heterogeneidade dos plantios, baixa produtividade e alta susceptibilidade ao cancro causado por *Chrysosporthe cubensis*. Para resolver esses problemas iniciou-se o processo de obtenção de híbridos a partir do cruzamento de indivíduos contrastantes visando aproveitar o melhor potencial de cada genitor (ASSIS; BAUER; TAFAREL, 1999). O cruzamento de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* rapidamente se tornou o principal híbrido a ser propagado de maneira seminal no território brasileiro. O chamado *Eucalyptus urograndis* apresentava maior vigor em relação aos materiais genéticos utilizados na época o que fez as empresas voltarem os olhos para essa espécie sintética (FERREIRA, 1983).

Embora vários avanços no melhoramento tenham sido feitos até década de 70 o principal problema que era a heterogeneidade das florestas ainda persistia. Em 1979 a empresa Aracruz Celulose S.A iniciou a estratégia de propagação vegetativa de seus melhores materiais genéticos o que culminou em plantios homogêneos e aumento da produtividade (FERREIRA; SANTOS, 1997). Hoje, a grande maioria dos plantios de eucalipto no Brasil é feita via propagação clonal de plantas híbridas (IBÁ, 2021; OLIVEIRA, 2021).

Durante os anos de 1980 a 1995 a eucaliptocultura no Brasil, se voltou para estratégias de propagação clonal via estaquia de híbridos interespecíficos de *E. urograndis* (FERREIRA; SANTOS, 1997; CASTRO *et al.*, 2016). Esse período ainda foi marcado por tentativas de melhorias na predição de ganhos e da estimativa de parâmetros genéticos (MCCUTCHAN; OU; NAMKOONG, 1985), estudos em situações de experimentos desbalanceados (MCCUTCHAN; OU; NAMKOONG, 1985), avaliações de diferentes espaçamentos (VALERA; KAGEYAMA, 1988) e testes de genótipos em diferentes locais (SANTOS *et al.*, 1990).

Durante a trajetória do melhoramento genético de eucalipto várias estratégias de seleção e cruzamentos foram realizadas. Dentre elas a seleção recorrente é uma das mais sólidas e empregadas no melhoramento apresentando bons resultados para os programas. Ela consiste em um processo cíclico de melhoramento que envolve a obtenção de progênies, avaliação e in-

tercruzamento das melhores árvores. Esse processo favorece o aumento progressivo da média da característica de interesse por permitir uma congregação de alelos favoráveis à característica no indivíduo. Atualmente, o melhoramento de eucalipto utiliza estratégias de seleção recorrente recíproca (SRR) e seleção recorrente intrapopulacional (SRIPS) (RESENDE *et al.*, 2005; OLIVEIRA, 2021) para a obtenção de clones elites.

## EXPERIMENTAÇÃO NO MELHORAMENTO GENÉTICO FLORESTAL

Em programas de melhoramento florestal a montagem de bons experimentos é crucial para a seleção de genótipos superiores e estudo do controle genético das características de interesse (PETERNELLI; RESENDE, 2015). A seleção dos melhores genótipos praticada seguindo uma boa experimentação se baseia nos valores genéticos de cada genótipo ao passo que o efeito do ambiente sobre esse, seja minimizado (RESENDE, 2002).

O fator fundamental para se ter sucesso em avaliações de experimentos é se ter bons dados os quais podem ser conseguidos seguindo os processos de experimentação proposto por Fisher. Deste modo, os experimentos devem atender a três principais princípios, sendo eles repetição, casualização e controle local (CARGNELUTTI FILHO; LÚCIO; LOPES, 2009).

O princípio da repetição consiste em dispor determinado tratamento algumas vezes com o intuito de se estimar o erro experimental e o efeito de cada tratamento (CARGNELUTTI FILHO; LÚCIO; LOPES, 2009). Com a repetição é possível se estimar o erro médio dos tratamentos o que permite realizar a inferência do efeito ambiental e dos parâmetros genotípicos.

A acurácia dos parâmetros genéticos de um caráter é relacionada com o número de repetições (FALCONER, 1981). Assim, é importante se realizar um número mínimo de repetições para que o valor do erro e a acurácia dos parâmetros seja satisfatória. O número de repetições em programas de melhoramento genético de eucalipto tem variado em função da quantidade de plantas por parcela. Em experimentos que adotam a parcela linear tem sido visto o uso de cinco a seis repetições (SCARPINATI, 2007; HENRIQUES *et al.*, 2017; AMÂNCIO *et al.*, 2020) enquanto para experimentos em Single Tree Plot (STP) vem sendo relatado o uso de 20 a 30 repetições (SCARPINATI, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2015; NUNES *et al.*, 2018; AMÂNCIO *et al.*, 2020).

Um outro princípio importante na montagem dos experimentos é a casualização cujo objetivo é garantir a aleatoriedade dos tratamentos. Esse princípio evita que se tenha um favorecimento de determinado tratamento em relação aos demais por parte do pesquisador. Com a casualização é possível obter-se a independência dos erros que é um componente dos modelos estatísticos para a inferência probabilística dos resultados (CARGNELUTTI FILHO; LÚCIO; LOPES, 2009).

Quando as condições do ambiente de experimentação não são uniformes é aconselhado o uso do controle local visando diminuir o erro experimental. O controle local pode ser realizado pela formação de blocos no ambiente visando agrupar unidades experimentais que sejam similares, formando assim blocos com maior homogeneidade. No melhoramento florestal devido a heterogeneidade das condições ambientais é comumente adotado o delineamento casualizado em blocos completos (DBCC) (SCARPINATI, 2007; MASSARO *et al.*, 2010; ARAÚJO *et al.*, 2015; HENRIQUES *et al.*, 2017; NUNES *et al.*, 2018; AMÂNCIO *et al.*, 2020). Ele consiste em

subdividir a área experimental em blocos com a finalidade de controlar os efeitos do ambiente sobre tratamentos. Em cada bloco, os tratamentos são distribuídos de forma aleatória respeitando o princípio da casualização. Cada bloco representa uma repetição e o fato de subdividir uma área heterogênea em subunidades homogêneas, caracteriza o controle local (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

Os tratamentos dentro dos blocos se encontram aplicados em parcelas ou unidades experimentais onde estes terão seus efeitos avaliados. Para que faça uma boa análise é importante que cada parcela apresente uniformidade garantindo que os resultados não fiquem viesados. Além disso, o tamanho e a forma da parcela são variáveis importantes na montagem de um experimento podendo variar em função do tipo de pesquisa a ser desenvolvida, da cultura, do espaçamento utilizado e da característica a ser avaliada (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

## FORMATOS DE PARCELA NO MELHORAMENTO DE EUCALYPTUS SPP.

O interesse pelo formato de parcela em experimentos florestais tem sido relatado desde o século passado. No âmbito do melhoramento florestal alguns formatos de parcelas tornaram-se mais comuns na experimentação como as parcelas de uma única planta (STP), parcelas lineares, parcelas retangulares, parcelas quadradas e o plantio piloto (SCARPINATI, 2007; MUNIZ *et al.*, 2009; NUNES *et al.*, 2018; AMÂNCIO *et al.*, 2020).

A maioria dos antigos estudos relacionados às parcelas na experimentação com *Eucalyptus spp* buscavam definir a quantidade de plantas ideais para cada formato. O foco dos trabalhos era determinar a quantidades mínima de plantas por parcela para selecionar com maior confiabilidade bons clones ao passo que otimizava os recursos dos programas. Essas pesquisas se embasam no princípio de que o tamanho da parcela influencia diretamente no efeito da variabilidade experimental, no controle do erro e na melhoria da acurácia do experimento permitindo discriminar melhor os genótipos sob teste (MUNIZ *et al.*, 2009) .

Visando determinar a quantidade de plantas ideal por parcela algumas metodologias foram criadas e adaptadas. No setor florestal as principais metodologias empregadas são a da máxima curvatura (ZANON; STORCK, 2000) máxima curvatura modificado, o método da correlação intraclasse para plantas perenes (PIMENTEL GOMES, 1984) o método de Smith (1938) e o método de otimização (PABLOS; CASTILLO, 1966).

Diversas propostas do tamanho ótimo de parcelas para *Eucalyptus* já foram relatados. Para parcelas retangulares Wright e Baldwin (1956) sugerem o uso de 200 árvores enquanto Silva (1977) sugerem o emprego de apenas 50 árvores. Simplicio *et al* (1996) sugere que para experimentos com mais de dez tratamentos e seis repetições o uso de dez plantas é suficiente para detectar diferenças mínimas de 15% entre as médias dos tratamentos com um coeficiente de variação de até 20%. Contudo, à medida que o ambiente vai se tornando mais homogêneo a quantidade de plantas por parcela decai. Essas flutuações com relação ao número de plantas podem decorrer da espécie vegetal estudada, variação da característica analisada, da época e local do experimento (BAKKE, 1988).

Estudo similar ao de Simplicio *et al.* (1996) foi conduzido por de Muniz *et al* (2009) no qual propuseram determinar a quantidade de plantas ideais para experimentos em parcela linear.

Tomando como fixos a repetição e a diferença mínima entre os tratamentos quanto mais heterogêneo for o ambiente mais plantas dentro da parcela são requeridas. À medida que a repetição é aumentada, menos plantas dentro das parcelas são necessárias sendo o mesmo relatado para a diferença entre os genótipos. Os autores concluíram que para áreas com coeficiente de variação de até 15% as parcelas lineares com mais de dez tratamentos e quatro repetições e cinco plantas são suficientes. Para ambiente com até 10% de coeficiente de variação é recomendado parcelas lineares com duas plantas e quatro repetições considerando as mesmas diferenças significativas dos genótipos que o caso anterior. Por fim, os autores recomendam o uso de parcelas com uma única planta para situações que a diferença entre os genótipos a ser detectada é grande.

Atualmente os estudos buscam comparar a eficiência das diferentes formas de parcelas empregadas em *Eucalyptus* spp. Trabalhos de Scarpinati et al (2009); Nunes et al (2018); Amâncio et al (2020) compararam o STP com outros tipos de parcelas. Estes autores verificaram que as variâncias genéticas para caracteres inerentes à produção de madeira em delineamentos em STP e a amplitudes foram maiores que as encontradas em outros tipos de parcelas. Os autores justificam esses comportamentos à alocompetição que é maior em STP o que provoca diferentes respostas nos clones inflando a sua variabilidade.

O erro experimental também varia em função do tipo de parcela empregado. Trabalhos de Scarpinati et al (2009) e Amâncio et al (2020) mostram que parcelas lineares podem apresentar um erro experimental maior que o STP. Em parcelas lineares em cada bloco um clone compete com apenas dois outros clones sendo que no próximo bloco os competidores podem mudar. Assim, o comportamento de um mesmo clone pode variar ao longo de todos os blocos do experimento. Esse fato faz com que a média das parcelas fiquem sub ou superestimada aumentando a variância entre as parcelas. Embora o STP apresente oito competidores por bloco espera-se que a heterogeneidade para o comportamento competitivo entre eles varie menos (SCARPINATI; 2007).

As herdabilidades no sentido amplo encontradas para ensaios que empregam STP são melhores que as encontradas em parcelas maiores. Scarpinati (2007), Nunes et al (2018) e Amâncio et al (2020) observam o decréscimo da herdabilidade à medida que a parcela cresce. Esses dois últimos autores relatam o mesmo fato para a herdabilidade média dos clones e a acurácia de seleção. O aumento da herdabilidade no sentido amplo em STP também é justificado por esse delineamento apresentar melhores estimativas e controle do erro ambiental devido a um maior número de repetições (SCARPINATI *et al.*, 2009).

A seleção de clones também é influenciada pelo tipo de parcela adotado. Estudos comparativos do ranqueamento de formatos de parcela de Scarpinati (2007); Nunes et al (2018); Amâncio et al (2020) têm mostrado diferenças nos ranques em função da parcela assim como a presença de clones não coincidentes entre os clones selecionados. Os autores atribuem esse comportamento ao fato de os diferentes tipos de parcelas causarem diferentes tipos de competição nos clones, influenciando no desempenho da característica.

Nunes et al (2018) demonstraram que os genótipos mais produtivos em STP caem sua produtividade quando implantados em delineamentos de parcelas quadradas. Além disso, genótipos pouco produtivos em STP apresentam ganhos de produtividade quando utilizados em parcelas quadradas. A diferença de desempenho dos genótipos em sistemas em STP dos que se aproximam de um sistema comercial é discutido pelo autor. Os genótipos com melhores ranque-

amentos em STP são tidos como bons competidores e podem ser sugeridos em plantios multi-clonais o que resultaria em uma maior produtividade quando comparado em sistemas monoclonais. O mesmo fato pode acometer experimentos com parcela linear uma vez que ele também seleciona clones competidores (SCARPINATI; 2007).

Para selecionar clones em STP e parcela linear pode ser recomendado a seleção de clones homeostáticos (NUNES *et al.*, 2018). Esses clones não variam a sua produção quando implantados em sistemas monoclonais o que poderia evitar que testes futuros com parcelas maiores sejam requeridos. Uma outra opção seria aplicar um fator de correção de 26% nos primeiros e últimos clones do ranque ajustando a sua média de produção para valores próximos de plantios monoclonais.

Hoje a maioria dos melhoristas florestais usam testes de parcelas de árvore única (STP) devido a possibilidade de testagem de vários genótipos simultaneamente com um bom número de repetições e uma boa precisão estatística (FU; YANCHUK; NAMKOONG, 1999; WHITE *et al.*, 2003; STANGER; GALLOWAY; RETIEF, 2011). Além disso, o STP representa uma otimização para os programas uma vez que permite a testagem de mais genótipos em uma mesma unidade de área que outros tipos de parcela. Contudo, o uso de parcelas de uma única planta pode apresentar estimativas tendenciosas de genótipo, mascarando o desempenho real dos indivíduos quando comparado aos sistemas de plantios comerciais devido a acentuação da competição intergenotípica (PAVAN *et al.*, 2011).

O uso de parcelas maiores apresenta baixo número de repetição e requer uma maior área caso se queira testar muitos genótipos podendo aumentar a heterogeneidade da área experimental, na precisão do experimento além de aumentar os custos dos programas (SCARPINATI, 2007). Contudo, experimentos com mais plantas por parcela podem permitir menores erros de plantios de clones, bem como facilitar a avaliação para análises visuais deles, por estarem dispostos sequencialmente no campo (FONSECA *et al.*, 2010).

Assim, ponderando as vantagens e desvantagens inerentes à STP e parcelas maiores recomenda-se a utilização de parcelas menores em fases iniciais de programa de melhoramento devido a qualidade experimental e a testagem de muitos genótipos. Já as parcelas maiores devem ser utilizadas em fases mais avançadas dos programas de melhoramento a fim de se estimar o rendimento clonal em sistemas semioperacionais (NUNES *et al.*, 2018).

## SELEÇÃO

Os programas de melhoramento genético de eucalipto visam obter genótipos produtivos ao passo que apresentem outras características de interesse de acordo com o uso, como fuste retilíneo, adequada espessura de galhos, boa densidade, teor adequado de lignina e de extrativos, maior poder calorífico da madeira, menor umidade, boa orientação das fibras ou grã direita, ausência de excentricidade da medula, ausência manchas e nós, maior relação cerne/alburno, ausência (ou baixo grau) de defeitos de secagem como torções, contrações ou retrações da madeira, rachaduras, empenamentos, abaulamentos e colapso, menor proporção de madeira juvenil, coloração da madeira em consonância com as demandas do mercado consumidor, boa qualidade da superfície usinada e resistência aos ataques de fungos e insetos e resistência à doenças e pragas (ASSIS, 2001; REIS; TELLES DOS SANTOS; PALUDZYSZYN FILHO, 2014;

REZENDE; DE RESENDE; DE ASSIS, 2014; HENRIQUES *et al.*, 2017). O ideal é selecionar genótipos que congregem o maior número de características de interesse que atendam os requisitos da empresa e a demanda do consumidor.

Em decorrência da seleção ser baseada em várias características o uso de um índice de seleção para classificação e escolha das melhores árvores pode ser recomendado. Contudo, deve se atentar para o fato de que quanto maior o número de caracteres envolvidos na seleção, menor o ganho de seleção obtido. Em algumas fases do melhoramento genético florestal pode-se lançar mão do uso da seleção em tandem ou de níveis independentes de eliminação (RESENDE, 2002).

Embora algumas métricas utilizadas nas avaliações de genótipos sejam obtidas com a ajuda de equipamentos outras são obtidas de maneira empírica. Comumente, a avaliação de alguns caracteres como formato do fuste, resistência a doenças e densidade de galhos se baseiam na distribuição de notas e conceitos a partir de escores visuais por parte do avaliador (JUNGHANS *et al.*, 2003; REIS; TELLES DOS SANTOS; PALUDZYSZYN FILHO, 2014).

Um assunto pouco explorado no melhoramento florestal é a seleção de genótipos em relação do formato de parcelas experimentais utilizados. De acordo com Bouvet (1997) parcelas com um maior número de plantas podem facilitar a seleção fenotípica precoce, uma vez que com o adensamento aumenta-se há a acentuação da competição por recursos à medida que as árvores envelhecem. Para Pavan (2009) situações que apresentem autocompetição, tendem a ter uma menor variabilidade genética e uma menor estimativa do erro entre parcelas. Para Fonseca *et al* (2010) o uso de parcelas lineares pode facilitar a observação de plantas de uma mesma família ou o comportamento de um clone por estarem dispostas sequencialmente em uma parcela.

Um outro ponto que deve ser levado em consideração em estudos do formato da parcela para a seleção é o caráter sob estudo. O estudo de Pavan (2009) apresentou significância do formato da parcela para a seleção com base no DAP. Entretanto, Silva *et al.*, (2016) sugere que o formato da parcela não interfere na seleção de genótipos para a forma de fuste. Para outras características não é visto estudos que relacionassem a forma da parcela com os atributos de interesse.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A performance atual do setor florestal brasileiro é uma consequência do investimento do setor público e privado em pesquisas voltadas ao melhoramento genético de eucalipto. É iminente a contribuição de processos experimentais na consolidação do apogeu florestal nacional. Baseando-se na experimentação e em técnicas de clonagem foi possível selecionar as melhores árvores, cruzá-las e cloná-las garantindo uma alta produtividade.

Embora a experimentação tenha permitido a seleção de bons materiais genéticos a competição dos indivíduos inerentes à experimentação que podem influenciar a sua seleção. Ainda que existam propostas de ajustes com covariáveis nos modelos o seu trade off torna-se algo impeditivo. Os esforços de tempo, recursos e poder computacional frente aos resultados obtidos não justificam suas utilizações.

Hoje com a agricultura de precisão aliada à técnicas de aprendizados de máquinas po-

dem ajudar a construir soluções para ajudar a selecionar melhores árvores frente à competição. Entretanto, essa é uma abordagem que precisa ser avaliada e estudada.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## REFERÊNCIAS

ASSIS, T. F. de. Estratégias de melhoramento para obtenção de madeira de qualidade para laminação e serraria. In: SEMINÁRIO DE MADEIRA DE EUCALIPTO: TENDÊNCIAS E USOS, 2001, Curitiba. Anais. Curitiba, 2001. p. 1-18.

AMÂNCIO, M. R.; ANDRADE, M. C.; PALUDETO, J. G. Z.; PEREK, M.; BISON, O.; VERGANI, A. R.; DIAS, A. N.; TAMBARUSSI, E. V. Accuracy of genetic parameters estimation and prediction of genotypic values in eucalyptus using different plot types. *Cerne*, v. 26, n. 4, p. 482–490, 2020. doi: 10.1590/01047760202026042710.

ANDRADE, E. M. O Eucalipto. 1. ed. São Paulo: IPEF, 1961. v. 1

ARAÚJO, M. J. de; DIAS, D. da C.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Número de repetições, de plantas por parcela e de avaliações para testes clonais de eucalipto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 50, n. 10, p. 923–931, 2015. doi: 10.1590/S0100-204X2015001000008.

ASSIS, T. F. de; BAUER, J. F. dos S.; TAFAREL, G. Sintetização de híbridos de *Eucalyptus* por cruzamentos controlados. *Ciência Florestal*, v. 3, n. 1, p. 161, 1999. doi: 10.5902/19805098291.

BAKKE, O. A. TAMANHO E FORMA OTIMOS DE PARCELAS EM DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS. 1988. Piracicaba, 1988.

BERTOLA, A. Eucalipto - 100 anos de Brasil - "Falem mal, mas continuem falando de mim!" Setor de Inventário Florestal, 2013. .

BOUVET, J.-M. Effect of spacing on juvenile growth and variability of *Eucalyptus* clones. *Canadian Journal of Forest Research*, v. 27, n. 2, p. 174–179, 1997. doi: 10.1139/cjfr-27-2-174.

BRAGATTO, J. Avaliação do potencial da casca de *Eucalyptus* spp . para a produção de bioetanol. 2010. Piracicaba, 2010.

BROOKER, M. I. H. A new classification of the genus *Eucalyptus* L'Her. (Myrtaceae). *Australian Systematic Botany*, v. 13, n. 1, p. 79–148, 2000. doi: 10.1071/SB98008.

CARGNELUTTI FILHO, A. C.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J. Experimentação Agrícola E Florestal Santa Maria - RSUFMS, , 2009. .

CASTRO, C. A. de O.; RESENDE, R. T.; BHERING, L. L.; CRUZ, C. D. Brief history of *Eucalyptus*

breeding in Brazil under perspective of biometric advances. *Ciência Rural*, v. 46, n. 9, p. 1585–1593, 2016. doi: 10.1590/0103-8478cr20150645.

DAMÁSIO, R. A. P.; CARVALHO, A. G.; GOMES, F. J. B.; CARNEIRO, A. D. C. O.; FERREIRA, J. C.; COLODETTE, J. L. Effect of CNC interaction with urea-formaldehyde adhesive in bonded joints of *Eucalyptus* sp. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, v. 45, n. 113, p. 169–176, 2017. doi: 10.18671/scifor.v45n113.17.

DOUGHTY, R. W. *The Eucalyptus: a natural and commercial history of the gum tree*. 1. ed. [s.l.] The Johns Hopkins University Press, 2000.

FALCONER, D. S. *Introduction to Quantitative Genetic-DS Falconer.pdf*, 1981. .

FAO. *The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 International hunger targets: taking stock of uneven progress*. Rome: FAO, 2015. v. 1

FERREIRA, M. Melhoramento florestal e silvicultura intensiva com eucalipto. In: *Simpósio IUFRO em melhoramento genético e produtividade de espécies florestais de rápido crescimento*. 1. ed. são paulo: Fast Growing tress, 1983. 1. 1983.

FERREIRA, M. a Contribuição Do Setor De Sementes Do Lcf / Ipef Para. *IPEF*, v. 46, p. 8–31, 1993.

FERREIRA, M.; SANTOS, P. T. E. dos. MELHORAMENTO GENÉTICO FLORESTAL DOS *Eucalyptus* NO BRASIL BREVE HISTÓRICO E PERSPECTIVAS. *BRAZIL-BRIEF REVIEW AND PERSPECTIVES*, p. 14–34, 1997.

FONSECA, S. M. da; RESENDE, M. D. V. de; ALFENAS, A. C.; SILVA, L. M. da. *Manual Prático de Melhoramento Genético do Eucalipto*. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. v. 1

FU, Y. B.; YANCHUK, A. D.; NAMKOONG, G. Spatial patterns of tree height variations in a series of Douglas-fir progeny trials: Implications for genetic testing. *Canadian Journal of Forest Research*, v. 29, n. 6, p. 714–723, 1999. doi: 10.1139/x99-046.

GRATTAPAGLIA, D.; KIRST, M. *Eucalyptus applied genomics: From gene sequences to breeding tools*. *New Phytologist*, v. 179, n. 4, p. 911–929, 2008. doi: 10.1111/j.1469-8137.2008.02503.x.

GUIMARÃES, A.; FRANCISCO, R.; CHAGAS, D.; NETO, V.; SILVA, D.; LUIZ, M.; LOPES, A.; FERNANDO, S.; HAWERROTH, J.; ALBERTO, C.; TANIGUCHI, K.; VAGNER, M.; MARTINS, V.; XAVIER, F.; MARLOS, S.; BEZERRA, A. Orientações para instalação, condução e avaliação de experimentos de campo. *Embrapa Agroindústria Tropical-Documentos (INFOTECA-E)*, p. 85, 2017.

HENRIQUES, E. P.; DE MORAES, C. B.; SEBBENN, A. M.; FILHO, M. T.; DE MORAES, M. L. T.; MORI, E. S. Estimativa de parâmetros genéticos para caracteres silviculturais e densidade do lenho em teste de progênies de *Eucalyptus urophylla*. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, v. 45, n. 113, p. 119–128, 2017. doi: 10.18671/scifor.v45n113.11.

HILL, K. D.; JOHNSON, L. A. S. *Systematic studies in the eucalypts 7. A revision of the bloodwoods, genus Corymbia (Myrtaceae)*. *Telopea*, v. 6, n. 2–3, p. 185–504, 1995. doi: 10.7751/telopea19953017.

IBÁ. *RELATÓRIO ANUAL IBÁ 2021*. 1. ed. São Paulo: Industria Brasileira de Àrvore, 2021. v. 1

JUNGHANS, D. T.; ALFENAS, A. C.; MAFFIA, L. A.; FINANCEIRO, A.; FINEP, ; FAPEMIG, /; SUZANO,

- /; SUL, B. Escala de Notas para Quantificação da Ferrugem em Eucalyptus. *Fitopatologia Brasileira*, v. 1, 2003.
- KLUMB, A. K.; LUÍS, O.; FARIA, V. PRODUÇÃO DE COAGULANTE VEGETAL CATIONICO A PARTIR DE CASCAS DE EUCALIPTO (*Eucalyptus tereticornis*) PRODUCTION OF VEGETABLE CATIONIC COAGULANT FROM EUCALYPTUS BARK (*Eucalyptus tereticornis*). *Vetor*, p. 71–80, 2012.
- MASSARO, R. A. M.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; DE PAULA, R. C. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de eucalyptus spp. *Ciencia Florestal*, v. 20, n. 4, p. 597–609, 2010. doi: 10.5902/198050982418.
- MCCUTCHAN, B. G.; OU, J. X.; NAMKOONG, G. A comparison of planned unbalanced designs for estimating heritability in perennial tree crops. *Theor Appl Genet*, v. 71, p. 536–544, 19 jul. 1985.
- MUNIZ, J. A.; AQUINO, L. H. de; SIMPLÍCIO, E.; SOARES, A. R. Determination of the size of experimental plots in *Eucalyptus grandis* hill populations using linear plots. *Ciênc. agrotec*, v. 33, n. 4, p. 1002–1010, 2009.
- NUNES, A. C. P.; DOS SANTOS, O. P.; DOS SANTOS, G. A.; DE RESENDE, M. D. V. Statistical strategies design based on competition classes of *Eucalyptus* clones. *Industrial Crops and Products*, v. 124, n. March, p. 66–73, 2018. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.07.026.
- OLIVEIRA, E. B. de. *O Eucalipto e a Embrapa: Quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento*. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2021.
- PABLOS, S. L.; CASTILLO, A. Determinación del tamaño de parcela experimental óptimo mediante la forma canónica. [s.l.: s.n.].
- PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos. Program de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas. *Embrapa Florestas*, v. Documentos, n. ISSN 1980-3958, p. 68, 2011.
- PAVAN, B. E. *COMPETIÇÃO EM TESTES DE PROGÊNIES DE EUCALIPTO E SUAS IMPLICAÇÕES NA SELEÇÃO E NO MELHORAMENTO*. 2009. Jaboticabal, 2009.
- PAVAN, B. E.; DE PAULA, R. C.; PERECIN, D.; CANDIDO, L. S.; SCARPINATI, E. A. Minimizing inter-genotypic competition effects to predict genetic values and selection in forestry genetic tests. *Scientia Agricola*, v. 68, n. 6, p. 671–678, 2011. doi: 10.1590/S0103-90162011000600011.
- PETERNELLI, L. A.; DE RESENDE, M. D. V. Experimental Designs for Next Generation Phenotyping. In: *Phenomics*. 1. ed. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 15–32. 2015.
- PIMENTEL GOMES, F. O PROBLEMA DO TAMANHO DAS PARCELAS EM EXPERIMENTOS COM PLANTAS ARBÓREAS 1. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 1, p. 1507–1512, 1984.
- REIS, C. A. F.; SANTOS, A. M.; PACHECO, A. R. Potencialidades e desafios para o melhoramento genético de eucaliptos aos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). [s.l.: s.n.].
- REIS, C. A. F.; TELLES DOS SANTOS, P. E.; PALUDZYSZYN FILHO, E. Avaliação de clones de eucalipto em Ponta Porã, Mato Grosso do Sul. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 34, n. 80, 31 dez. 2014. doi: 10.4336/2014.pfb.34.80.569.

RESENDE, M. D. V.; BARBOSA, M. H. P.; REZENDE, G. D. S. P.; AGUIAR, A. M.; DIAS, L. A. dos S.; STURION, J. A. Métodos e Estratégias de Melhoramento de Espécies Perenes: Estado da Arte e Perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS. 1. ed. Gramado: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2005. 1. 2005.

REZENDE, G. D. S. P.; DE RESENDE, M. D. v.; DE ASSIS, T. F. Eucalyptus Breeding for Clonal Forestry. In: Challenges and Opportunities for the World's Forests in the 21st Century. 81. ed. Online: Forestry Sciences, 2014. 1 p. 393–424. 2014.

SANTIAGO, S. B. TANINOS DA CASCA DE EUCALIPTO E SUA EFICIÊNCIA NA COLAGEM DE MADEIRA. 2016. 2016.

SANTORA, E.; PENTEADO, J. F.; JÚNIOR, I. C. G. R. Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: Diversificação da produção e renda. 1. ed. Brasília: Embrapa Florestas, 2014. v. 1

SANTOS, P. E. T. DOS; GARCIA, C. H.; MORI, E. S.; MORAES, M. L. T. DE. POTENCIAL PARA PROGRAMAS DE MELHORAMENTO, ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E INTERAÇÃO PROGÊNIES X LOCAIS EM POPULAÇÕES DE *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake PAULO. Ipef, v. 43, n. 44, p. 11–19, 1990.

SANTOS, H. G.; GONÇALVES, F. M. A.; LIMA, J. L.; AGUIAR, A. M.; REZENDE, G. D. S. P.; DE LIMA, B. M.; RAMALHO, M. A. P. Strategies for the analysis of single-tree plot experiments in *Eucalyptus* plantations. *Journal of Forestry Research*, 2021. doi: 10.1007/s11676-021-01322-y.

SANTOS, M. H.; SILVA, R. M.; PEREIRA, F. V. COMPOSITOS DE CIMENTO IONOMÉRICO MODIFICADOS COM FIBRAS CELULÓSICAS: PRODUTO, PROCESSO E USO. Diamantina: UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI, 2014. .

SCARPINATI, E. A. INFLUÊNCIA DO MODELO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA E DA FORMA DAS PARCELAS EXPERIMENTAIS NA SELEÇÃO DE CLONES DE *Eucalyptus* spp. 2007. Jaboticabal, 2007.

SCARPINATI, E. A.; PERECIN, D.; PAULA, R. C. de; BONINE, C. A. V.; PAVAN, B. E.; CANDIDO, L. S. Influência do modelo de análise estatística e da forma das parcelas experimentais na seleção de clones de *Eucalyptus* spp. *Revista Árvore*, v. 33, n. 4, p. 769–776, 2009. doi: 10.1590/s0100-67622009000400020.

SILVA, L. B. X. da. "TAMANHOS E FORMAS DE UNIDADES DE AMOSTRA EM AMOSTRAGEM ALEATÓRIA E SISTEMÁTICA PARA FLORESTAS PLANTADAS DE *EUCALYPTUS ALBA* REWIEN." 1977. Curitiba, 1977.

SILVA, W. D. M.; DE MORAES, M. L. T.; PUPIN, S.; DA SILVA, J. M.; SEBBENN, A. M.; PAVAN, B. E. Influência do tamanho de parcelas experimentais na seleção de progênies de *E. camaldulensis* Dehnh. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, v. 44, n. 112, p. 979–986, 2016. doi: 10.18671/scifor.v44n112.19.

SIMPLICIO, E.; MUNIZ, J. A.; AQUINO, L. H.; SOARES, A. R. DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS EMPOVOAMENTOS DE *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden1 . I- PARCELAS RETANGULARES. 1996.

SMITH, H. F. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. *The Journal of Agricultural Science*, v. 28, n. 1, p. 1–23, 27 jan. 1938. doi: 10.1017/S0021859600050516.

SOUZA, V. C. de. Nanocristais de celulose como fase de reforço para filmes de quitosana: obtenção, caracterização e aplicação. 2015. Florianópolis, 2015.

STANGER, T. K.; GALLOWAY, G. M.; RETIEF, E. C. L. Final results from a trial to test the effect of plot size on Eucalyptus hybrid clonal ranking in coastal Zululand, South Africa. *Southern Forests*, v. 73, n. 3–4, p. 131–135, set. 2011. doi: 10.2989/20702620.2011.639492.

VALE, A. B. do; MACHADO, C. C.; PIRES, J. M. M.; BARBOSA, M. Capítulo 5. In: *A eucalipultura no Brasil*. Viçosa: SIF, 2014. 2014.

VALERA, F. P.; KAGEYAMA, P. Y. Interação genótipo x espaçamento em progênies de Eucalyptus saligna Smith. *Ipef*, v. cil, n. 39, p. 5–16, 1988.

WHITE, T. L.; HUBER, D. A.; WHITE, T. L.; POWELL, G. L. Age-Five Results from the Cooperative Forest Genetics Research Program Slash Pine Polymix Trials. [s.l: s.n.].

WRIGHT, J. W.; BALDWIN, H. I. The 1938 International Union Scotdi Pine Provenance Test in New Hanipshire. *Silvae genetica*, v. 44, p. 2–14, 1956.

ZANON, M. L. B.; STORCK, L. TAMANHO ÓTIMO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS PARA Eucalyptus saligna SMITH EM DOIS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO. *Cerne*, v. 6, n. 2, p. 104–111, 2000.