

MELHORAMENTO GENÉTICO COMO ESTRATÉGIA DE GESTÃO DA PRODUTIVIDADE FLORESTAL¹

GENETIC IMPROVEMENT AS A FOREST PRODUCTIVITY MANAGEMENT STRATEGY

Larissa França de Sá^{2,4}; Evandro Vagner TAMBARUSSI³

RESUMO - Nas últimas décadas os programas de melhoramento vêm contribuindo para a obtenção de ganhos significativos de produtividade para as principais espécies florestais exóticas cultivadas no Brasil. No entanto, há dúvidas quanto ao entendimento da potencialidade de sua utilização como uma ferramenta de gestão da produtividade por parte do mercado florestal. Diante disso, o presente trabalho objetivou compreender como o melhoramento genético florestal tem apoiado na gestão da produtividade florestal no país ao longo dos anos e como o mercado vem observando essa temática. Para isso, o trabalho foi conduzido em duas fases, sendo: i) revisão bibliográfica sobre o tema e ii) pesquisa do tipo *survey* aplicada via formulário eletrônico semiestruturado, contendo 12 perguntas. A partir da revisão bibliográfica, observa-se que o melhoramento genético florestal tem colaborado para a gestão da produtividade florestal a partir de diferentes formas, com destaque para a produção de sementes melhoradas, avaliação e seleção de genótipos com tolerância e/ou resistência a pragas e a doenças, avaliação e seleção de genótipos com tolerância e/ou resistência a estresses abióticos e a alocação de materiais genéticos conforme interação genótipos x ambientes. A pesquisa realizada apontou à presença de uma área estruturada de melhoramento florestal na maioria das empresas florestais. Os entrevistados afirmaram que as informações geradas por essa área auxiliam na gestão da produtividade, bem como são utilizadas como uma estratégia para gestão florestal. A alocação de materiais genéticos conforme interação genótipos x ambientes foi apontada como a principal linha de trabalho dos programas de melhoramento florestal.

Palavras-chave: melhoramento florestal; gestão florestal; silvicultura.

ABSTRACT - In recent decades, breeding programs have contributed to obtaining significant gains in productivity for the main exotic forest species cultivated in Brazil. However, there are doubts as to the understanding of the potential of its use as a productivity management tool by the forestry market. Thus, the present work aimed to understand how forest genetic improvement has contributed to the management of forest productivity in the country over the years and how the market has been observing this theme. For this, the work was conducted in two phases, namely: i) a literature review on the subject and ii) survey-type research applied via a semi-structured electronic form, containing 12 questions. From the literature review, it is observed that forest genetic improvement has contributed to forest productivity management in different ways, with emphasis on the production of improved seeds, evaluation and selection of genotypes with tolerance and/or resistance to pests and diseases, evaluation and selection of genotypes with tolerance and/or resistance to abiotic stresses and allocation of genetic materials according to genotype x environment interaction. The survey carried out pointed to the presence of a structured area of forest improvement in most forestry companies. Respondents stated that the information generated by this area contributes to productivity management, as well as being used as a strategy for forest management. The allocation of genetic materials according to genotypes x environments interaction was identified as the main line of work of forest improvement programs.

Keywords: forest improvement; forest management; forestry.

¹ Recebido para análise em 24.04.2023. Aceito para publicação em 30.05.2023. Publicado em 26.06.2023.

² Tanagro S.A., Rua Torbjorn Weibull, 199, CEP 95780-000, Montenegro, RS, Brasil.

³ Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Avenida Universitária, Altos do Paraíso, CEP 186100-34, Botucatu, SP, Brasil.

⁴ Autor para correspondência: Larissa França de Sá - desa_larissa@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o potencial produtivo dos plantios de eucalipto é superior ao de outras regiões do mundo. Atualmente, a cultura encontra-se implantada em todas as regiões brasileiras e presente na maioria dos estados. Dada essa dispersão geográfica, os efeitos de diferentes condições fisiográficas, edáficas e climáticas no crescimento do eucalipto são marcantes, fazendo com que a produtividade das plantações no país varie de 25 a 60 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ (Gonçalves et al., 2013). Observa-se que a produtividade média nos plantios tem evoluído bastante ao longo dos anos, sendo que 1970 era 10 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ e atualmente atingiu seu maior nível desde 2014, chegando a 38,9 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ em 2021 (IBÁ, 2022).

Os crescentes aumentos na produtividade das florestas de eucalipto observados nos últimos anos estão diretamente relacionados ao desenvolvimento de materiais genéticos de maior potencial produtivo, sobretudo pelo aprimoramento da hibridação e clonagem, bem como a evolução das técnicas de manejo florestal (Assis, 2014). Os aumentos de produtividade registrados no período tinham como base principal as características relacionadas ao volume de madeira por hectare, sendo que apenas na década de 90 passam a ser observadas os parâmetros tecnológicos da madeira, tais como a densidade por exemplo (Silva et al., 2012). Estima-se que no período de 1970 a 2008 o melhoramento genético do eucalipto proporcionou um ganho de produtividade de 5,7% ao ano (Castro et al., 2018).

A seleção de populações e indivíduos mais eficientes em termos produtivos, com maior capacidade adaptativa às condições edafoclimáticas adversas, é uma preocupação que está sendo implementada há alguns anos (Navarrete-Campos et al., 2013). Assim, nos trabalhos de melhoramento das últimas décadas, têm sido realizados esforços para incluir genótipos superiores que combinem as melhores características relacionadas à produtividade, com características como tolerância à seca, frio, salinidade ou determinadas pragas e doenças que afetam as plantações de eucalipto. Além disso, estudos de interação genótipos x ambientes (G x A) são fundamentais para obtenção de ganhos genéticos, uma vez que tais estudos constituem uma das etapas mais importantes num programa de melhoramento florestal (Hardner et al., 2010). Além disso, também devem ser levadas em consideração as análises de adaptabilidade e estabilidade genotípica, que por sua vez tornam possível a identificação de genótipos com

comportamento previsível e que sejam responsivos às variações do ambiente em condições específicas ou amplas (Cruz et al., 2014; Hardner et al., 2010).

Como consequência dos ganhos observados nas últimas décadas, nota-se que cada vez mais os programas de melhoramento genético vêm ganhando espaço dentro das empresas florestais e os resultados gerados a partir deles vêm sendo utilizados como uma estratégia para gestão da produtividade florestal. No entanto, observa-se que a compreensão da potencialidade de utilização do melhoramento florestal como ferramenta de gestão da produtividade ainda é limitada devido ao pouco conhecimento de suas contribuições históricas e atuais.

Com base no exposto, o presente trabalho tem por objetivo compreender como o melhoramento genético florestal tem auxiliado na gestão da produtividade florestal no país ao longo dos anos e como o mercado tem reagido a essa temática.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em duas fases, sendo elas: i) revisão bibliográfica sobre o tema e ii) pesquisa do tipo survey aplicada via formulário eletrônico semiestruturado.

Para a realização da revisão de literatura, utilizou-se como fonte de consulta os dados obtidos pela SciELO, portal de periódicos da CAPES, Scopus e portais de teses de diversas universidades, além de livros e publicações técnicas como manuais e notas técnicas. A revisão bibliográfica teve como foco alguns dos principais tópicos que envolvem o tema do melhoramento genético florestal no Brasil, sendo eles a produção de sementes melhoradas, a tolerâncias e/ou resistência a pragas e doenças, a tolerância e/ou resistência a fatores abióticos e a interação genótipos por ambientes. Tendo em vista a maior disponibilidade de informações e representatividade de plantio do gênero *Eucalyptus*, a revisão teve como tema central de estudo a cultura do eucalipto.

A metodologia de pesquisa utilizada foi a pesquisa por sondagem ou survey, na qual obtêm-se dados questionando as pessoas através de um questionário estruturado sobre características, ações ou opiniões (Hair et al., 2015; Pinsonneault e Kraemer, 1993) e tem por objetivo produzir estatísticas e porcentagens sobre algum aspecto dessa população (Fowler, 2009). Para a realização da pesquisa, foi elaborado por meio de formulário eletrônico

(<https://forms.gle/XFHPxn6qy46qyD937>) um instrumento de coleta de dados em forma de questionário semiestruturado, contendo 12

perguntas abertas e fechadas pontuando alguns dados: prévia caracterização dos entrevistados (vínculo profissional, cargo atual e órgão/instituição de atuação), caracterização da empresa/órgão (principal gênero florestal que trabalha e presença da área de melhoramento estruturada), percepções sobre a utilização e contribuição obtida a partir da utilização de informações geradas pelos programas de melhoramento genético florestal, qual tema vem sendo priorizado pela área de melhoramento dentro da organização a qual pertence e quanto consideram que as informações geradas por ela são utilizadas para a tomada de decisões estratégicas, bem como quanto contribuem como uma estratégia para gestão da produtividade florestal. Para esse estudo foram entrevistadas 60 pessoas entre os dias 11 de dezembro de 2022 a 05 de janeiro de 2023. Foi exposto aos entrevistados o objetivo do estudo, assegurado sua anonimidade e todas as entrevistas foram realizadas de forma voluntária.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Produção de sementes melhoradas

Os primeiros trabalhos envolvendo a introdução e seleção de espécies visando a produção de sementes melhoradas no Brasil foram conduzidos por Edmundo Navarro de Andrade com os gêneros *Eucalyptus* L'Hér. e *Corymbia* K.D. Hill & L.A.S. Johnson no estado de São Paulo. Na época tanto as introduções como as seleções realizadas tinham como objetivo a identificação de materiais com bom comportamento silvicultural visando o suprimento das demandas de lenha, postes e dormentes da extinta Companhia Paulista de Estradas de Ferro (CPEF) (Pinto Júnior e Silveira, 2021). De acordo com Jacobs (1979), no período de 1905 a 1915, Edmundo Navarro de Andrade estabeleceu uma ampla série de testes envolvendo 144 espécies dos gêneros na área conhecida como arboreto do Horto de Rio Claro, Estado de São Paulo. Nesse local foram avaliadas e selecionadas espécies muito promissoras à produção de eucalipto no Brasil (Pinto Júnior e Silveira, 2021).

Ao longo das avaliações realizadas com as sementes provenientes de coletas feitas no Horto de Rio Claro, observou-se a ocorrência de alta heterogeneidade entre árvores, tanto para características botânicas quanto silviculturais. Dessa forma, concluiu-se que a estratégia de produção de sementes estabelecida até então favorecia a ocorrência de hibridação espontânea, expressada por meio da variabilidade fenotípica das mudas produzidas. Logo, os rendimentos

médios obtidos na época não ultrapassavam 17-20 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ (Pinto Júnior e Silveira, 2021).

Diante desse cenário, a partir de 1941 foi estabelecido o programa de melhoramento genético desenvolvido por Carlos Arnaldo Krug no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Esse programa realizou a introdução e avaliação de novas espécies e procedências de eucaliptos no Horto de Rio Claro, conhecida como “Coleção Nova”, a fim de realizar a seleção de árvores superiores, o estabelecimento de áreas produtoras de sementes, a síntese de híbridos interespecíficos, a seleção de híbridos espontâneos no Brasil e a obtenção de híbridos selecionados em outros países (Ferreira e Santos, 1997).

O aumento significativo da produtividade de madeira observado até o final da década de 90, chegando quase a duplicar em algumas regiões brasileiras, foi resultado da correta alocação de espécies, a seleção adequada de procedências de sementes e a utilização de fontes melhoradas de materiais reprodutivos nos plantios comerciais. A partir da observação e comprovação dos ganhos de produtividade registrado no período, a produção de sementes melhoradas, originadas das melhores procedências introduzidas e das melhores raças locais existentes, passa a ser uma questão de grande discussão dentro das empresas florestais brasileiras. As instituições que desenvolviam o melhoramento genético, inclusive as próprias empresas florestais privadas, passam a intensificar seus trabalhos, visando atender à crescente demanda por sementes melhoradas de eucaliptos e corímbias, realizando novas introduções e avançando os estudos de adaptação de espécies/procedências em relação ao solo e novas técnicas de manejo (Pinto Júnior e Silveira, 2021).

Um dos aspectos relevantes no uso de sementes para plantios comerciais é a garantia da manutenção de ampla base genética, ou seja, maior variabilidade entre os indivíduos, possibilitando a obtenção de materiais distintos e adaptados a diferentes condições de solo e clima (Silva e Angeli, 2006). São diversas as formas de obtenção de sementes melhoradas para uso comercial, e dentre essas tem-se o estabelecimento de Pomares de Sementes por Mudas (PSM). O PSM é implementado a partir da seleção entre e dentro de famílias em um teste de progênies após sucessivos desbastes (Soares et al., 2017). É esperado que os plantios formados a partir das sementes coletadas nessas áreas apresentem alto vigor e maior rendimento em campo, tendo em vista que foram originadas de cruzamentos entre árvores superiores selecionadas (Kamalakkannan et al., 2016).

Atualmente, com o avanço do domínio da técnica de clonagem para a cultura do eucalipto, a produção de sementes melhoradas deixou de ser enfatizada e em contrapartida, a produção clonal aumentou (Santos et al., 2021). No entanto, plantios oriundos de sementes ainda prevalecem para a maioria das espécies tolerantes ao frio que são recalcitrantes ao enraizamento, tal como o *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage por exemplo (Sousa et al., 2021). Algumas iniciativas relacionadas a produção de sementes de *Eucalyptus* ainda são conduzidas no país e envolvem espécies como *E. benthamii*, *Eucalyptus cloeziana* F.Muell. e *Eucalyptus saligna* Smith (Paludzyszyn Filho et al., 2006). Um exemplo de iniciativa conduzida nessa linha trata-se do desenvolvimento de cultivares seminais melhoradas de *E. benthamii* pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), tal como a cultivar inscrita no Registro Nacional de Sementes e Mudanças (RENASSEM) denominada BRS GTR 0701 Versátil (Santos et al., 2020). Outras cultivares também foram registradas ao longo do tempo pela Embrapa, estando essas relacionadas a outras espécies florestais, tais como *Eucalyptus badjensis* Beuzev & Welch (cultivar BRSCI 9601 Expoente), *E. dunnii* Maiden (cultivares BRS 7901 e BRS 9402) e *E. cloeziana* (Cultivar BRS 364 Porteira) (Santos et al., 2021).

3.2 Tolerância e/ou resistência a pragas e a doenças

A tolerância e/ou resistência das plantas a pragas e a doenças é um caráter que varia tanto em função de fatores ambientais, em particular os que afetam a fisiologia do vegetal, como de fatores genéticos. Dessa forma, observa-se que os materiais genéticos apresentam variações de susceptibilidade a pragas e a doenças (Boiça Júnior et al., 2013). Tolerância pode ser compreendida como a capacidade inerente de uma espécie em sobreviver e se reproduzir após um evento de estresse (Camargo, 1995). Por sua vez, a resistência trata-se da habilidade da planta em suprimir, retardar ou prevenir a entrada ou a subsequente atividade do patógeno em seus tecidos (Parlevliet, 1997).

O grande marco para o início dos estudos mais aprofundados sobre técnicas de seleção de árvores, hibridação e de propagação vegetativa para a obtenção de genótipos produtivos e resistentes e/ou tolerantes a doenças foi o surgimento do cancro basal nas regiões tropicais do Brasil, causado pelo fungo *Chrysosporthe cubensis* (Bruner) Gryzenh. &

M.J.Wingf., ocorrido inicialmente em plantações de eucaliptos no Espírito Santo, na década de 1970 (Auer e Santos, 2021).

Posteriormente, no final de década de 1990, outro problema fitossanitário solucionado a partir da recomendação de genótipos com resistência, foi a seca de ponteiros de eucalipto em Arapoti (SPEA), doença essa que ocorreu em área limitada de plantios de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden, em meados da década de 1990, na região de Arapoti, estado do Paraná, assemelhando-se a Seca de Ponteiros do Eucalipto do Vale do Rio Doce (SPEVRD), constatada na região do Vale do Rio Doce, estado de Minas Gerais (Auer e Santos, 2021). O problema foi solucionado no final daquela década através do plantio do híbrido entre o *Eucalyptus urophylla* S.T.Blake e o *E. grandis*, popularmente chamado de “urograndis” na região de Arapoti, que se mostrou resistente em relação ao *E. grandis*. Além disso, o uso de espécies e procedências de eucaliptos e corímbias tolerantes à SPEVRD, tais como *Corymbia torelliana* (F. Muell.) K.D.Hill & L.A.S.Johnson (procedência Queensland-Austrália), *E. grandis* (procedência Atherton-QLD apresenta tolerância intermediária), *Eucalyptus pellita* F. Muell. (procedência Helenvale-QLD) e *E. saligna*, ou clones originados desses materiais foi também recomendada para controle desta síndrome (Santos et al., 2001).

Atualmente, na fase de produção de mudas de eucalipto, são consideradas como doenças mais impactantes o mofo-cinza (*Botrytis cinerea* (sin. *Botryotinia cinerea* (De Bary) Whetzel)), podridão de estacas (*Cylindrocladium candelabrum* Viégas e *Rhizoctonia* sp.) e as manchas foliares (*C. candelabrum*), enquanto na fase de produção a campo, o cancro (*Cryosporthe cubensis* Gryzenh. & MJ Wingf e/ou *Botryosphaeria dothidea* (Moug.) Ces. & De Not.), a ferrugem (*Austropuccinia psidii* (G.Winter) Beenken) e as manchas foliares são apontados como os principais desafios (Auer e Santos, 2021). Para o controle da ocorrência de ferrugem causada pelo fungo *Austropuccinia psidii*, utiliza-se clones resistentes ao patógeno. Tem sido observado que essa doença ocorre em viveiros, jardins clonais e plantações jovens, até um ano de idade, de várias espécies de eucalipto e no híbrido “urograndis”, nos estados da região Sul do Brasil. Dessa forma, em locais cujas condições climáticas são favoráveis à incidência da doença, que podem ser identificados através do zoneamento climático (Bora et al., 2016), recomenda-se a substituição dos materiais suscetíveis por materiais com maior tolerância e/ou resistência (Auer e Santos, 2021).

A mancha foliar no eucalipto causada pelos fungos do gênero *Calonectria* De Not. (anamorfo *Cylindrocladium* Morgan) é uma das principais doenças da cultura que ocasiona lesões, desfolha de árvores e redução no crescimento das árvores atacadas, gerando assim impactos diretos na produtividade florestal (Schultz et al., 2015). Para essa doença, também vem sendo realizada pesquisas envolvendo a seleção de materiais resistentes, tais como *E. benthamii*. De acordo com Auer et al. (2015), a seleção de indivíduos resistentes é o método mais indicado para o controle de manchas foliares no campo. A exemplo do resultado do estudo com manchas foliares em *E. benthamii*, a seleção de indivíduos resistentes é o método mais indicado também para o controle de cancro (Alfenas et al., 2009).

No que se refere a pragas, conforme apresentado por Barbosa et al. (2021), o complexo de pragas que atacam a cultura do eucalipto no Brasil compreende uma série insetos nativos como: formigas cortadeiras (*Atta* spp. e *Acromyrmex* spp.), lepidópteros desfolhadores (*Thyrintina arnobia* (Stoll), *Eupseudosoma involuta* (Sepp), *Sarsina violascens* (Herrich-Schaeffer)), besouros desfolhadores (*Costalimaita ferruginea* (Fabricius), *Sternocolaspis quatuordecimcostata* (Lefréve)), cupins-das-mudas (*Syntermes* spp., *Cornitermes* spp. e *Nasutitermes* spp.), cupins-do-cerne (*Coptotermes* spp. e *Heterotermes* spp.) e grilos (*Gryllus* spp.). Além dos insetos nativos, outras pragas exóticas introduzidas no Brasil também acometem a cultura, tais como: o gorgulho-do-eucalipto (*Gonipterus platensis* Marelli e *G. pulverulentus* Lea), a broca-do-eucalipto (*Phoracantha semipunctata* Fabricius e *P. recurva* Newman), os psilídeos-de-ponteiro (*Ctenarytaina spatulata* Taylor, *C. eucalypti* Maskell e *Blastopsylla occidentalis* Taylor), o psilídeo-de-concha (*Glycaspis brimblecombei* Moore), o ácaro-do-eucalipto (*Rhombacus eucalypti* Ghosh & Chakrabarti), a microvespa-do-citriodora (*Epichrysocharis burwelli* Schauff), a vespa-da-galha (*Leptocybe invasa* Fisher & La Salle) e o percevejo-bronzeado (*Thaumastocoris peregrinus* Carpintero & Dellapé).

Para algumas dessas pragas também vem sendo desenvolvido pesquisas que identificaram materiais genéticos com resistência. Por exemplo, a resistência do eucalipto ao ataque de *Glycaspis brimblecombei* Moore foi comprovada por meio de um estudo desenvolvido pela Embrapa Florestas, com a avaliação da resistência de clones comerciais de *Eucalyptus camaldulensis* Denham e *E. urophylla* ao ataque de *G. brimblecombei* em campo (Barbosa et al., 2021). Neste estudo foi

verificado que todos os clones de *E. camaldulensis* foram susceptíveis ao psilídeo-de-concha e todos os clones de *E. urophylla* foram resistentes a *G. brimblecombei* (Camargo et al., 2014). Para o ácaro *Rhombacus eucalypti* Ghosh e Chakrabarti, ainda não são citados na literatura materiais com resistência. No entanto, ao se avaliar a suscetibilidade de infestação em diferentes clones de *E. camaldulensis* e *E. urophylla*, constatou-se que dois clones de *E. urophylla* foram considerados altamente suscetíveis, apresentando numerosas populações deste ácaro e sintomas de danos (Künast et al., 2016). Logo, em locais com ocorrência frequente dessa praga, não é recomendado o plantio desses materiais genéticos. Para a vespa-da-galha, Barbosa et al. (2021) cita que diversos fatores genéticos e ambientais são reportados como causas da variação de suscetibilidade de espécies e híbridos de eucalipto a essa praga, e, portanto, devem ser considerados ao selecionar materiais genéticos para os plantios.

Ao longo da dinâmica de desenvolvimento das florestas plantadas, observa-se que os problemas reportados apresentam comportamento dinâmico e podem sofrer alterações, dependendo de fatores ambientais e mercadológicos que geram variações nas dimensões e localização das áreas plantadas, nos materiais genéticos utilizados para os diferentes fins, no tipo de manejo da cultura, dentre outros fatores (Vargas et al., 2021). Desta forma, o monitoramento das áreas florestais deve ser constante, a fim de identificar os problemas com antecedência, melhorando a gestão dos riscos dos problemas fitossanitários, bem como o planejamento das táticas de controle. Logo, o desenvolvimento de estudos visando a definição de métodos alternativos de controle, dentre tais a resistência de plantas, está permanentemente na agenda das empresas florestais e órgãos de pesquisas e são de grande relevância ao setor florestal para contornar esse tipo de problema e auxiliar na tomada de decisões (Barbosa et al., 2021).

3.3. Tolerância e/ou resistência a fatores abióticos

De acordo com Stape et al. (2010), mesmo em condições ótimas de manejo, a variabilidade climática tem um papel importante na definição da produtividade florestal. Logo, a compreensão de como os fatores abióticos influenciam as plantas, bem como a capacidade de respostas delas a esses fatores é de extrema relevância para a manutenção e aumento da produtividade florestal. Dentre os fatores abióticos que afetam a produtividade,

destaca-se a ação do estresse hídrico e das baixas temperaturas (Fonseca et al., 2010). Resende e Alves (2021) enfatizam que em determinadas regiões a tolerância ao frio e à geada é fator fundamental, ao passo que para outras regiões a tolerância ao calor excessivo e à deficiência hídrica são características extremamente necessárias.

Segundo Ryan et al. (2010), o estresse hídrico destaca-se como o mais limitante à produtividade em regiões tropicais, após corrigidas as limitações nutricionais e garantida a sanidade dos plantios. A deficiência hídrica é um tipo de estresse que afeta processos vitais como os parâmetros de trocas gasosas e, em decorrência da limitação hídrica no solo, as plantas respondem reduzindo a condutância estomática, bem como a transpiração (Mitchell et al., 2017). Por consequência, o declínio ocorrido na condutância estomática com o avanço da deficiência hídrica acaba promovendo reduções tanto na transpiração como na taxa fotossintética (Correia et al., 2018; Creek et al., 2018), dentre outras características, como a produção de biomassa e área foliar (Maseda e Fernández, 2016).

Em condições brasileiras, onde os estudos sobre variações climáticas indicam - para a maior parte do país - um aumento da temperatura média diária associado a redução de chuvas para os próximos anos (Chou et al., 2014), o fenômeno de estresse hídrico tende a ocorrer podendo ser apontado como um grande desafio para manutenção da produtividade florestal no país. Tal problemática pode ser ainda mais acentuada, tendo em vista a migração e expansão da área plantada de eucalipto para locais com maior ocorrência de períodos de seca, associado à restrição de conhecimento silvicultural adequado para o correto manejo dessas plantações (Conti Junior, 2019). Diante disso, a identificação e seleção de genótipos que apresentem maior adaptação aos novos ambientes e condições ambientais variáveis, bem como maior eficiência de utilização da água, passam a ser questões fundamentais para o sucesso dos povoamentos florestais no cenário atual e futuro (White et al., 2016). Nesse sentido, a busca por materiais tolerantes à seca se faz extremamente necessária e tem sido alvo de diferentes estudos, como apontado por Oliveira (2021). Chagas et al. (2018) ressalta que os programas de melhoramento atuais devem ser estabelecidos para obtenção de genótipos superiores, a fim de aprimorar características como tolerância a períodos prolongados de estiagem, capacidade de armazenamento de nutrientes, sobrevivência e produtividade.

A tolerância ao déficit hídrico vem sendo registrada como uma preocupação constante nos programas de melhoramento de eucalipto no Brasil (Furlan et al., 2020). No final da década de 1980, em reuniões sobre a produção de híbridos, o uso deles com as espécies *E. camaldulensis*, *E. pellita* e *Eucalyptus tereticornis* foi constantemente citado como forma de promoção da tolerância à seca (IPEF, 1987; SIF, 1989). Atualmente, projetos como o TECHS - Tolerância de Eucalyptus Clonais aos Estresses Hídricos, Térmicos e Bióticos tem como um de seus objetivos o estudo dos estresses ambientais que afetam negativamente a produtividade do gênero *Eucalyptus*, e busca entender quais as respostas fisiológicas que atuam nos estresses hídricos e térmicos (Binkley et al., 2017). Após o entendimento de tais respostas, o projeto visa estudar as implicações nas estratégias para melhorar a seleção clonal para ambientes de cultivo específicos em todo o Brasil (Conti Junior, 2019).

Ao avaliarem a variabilidade genética em progênies de *E. grandis* e *E. urophylla* quanto a tolerância ao déficit hídrico, Chagas et al. (2018) relatam que os efeitos do déficit hídrico podem ser considerados como resultados da intensidade e duração de sua ocorrência, estando ainda associado a capacidade genética das plantas em resistir à influência do ambiente. Sendo assim, de acordo com a capacidade de suporte e adaptação dos materiais avaliados são observadas variações de crescimento e desenvolvimento. Nesse estudo, o percentual de sobrevivência obtido para as progênies de *E. grandis* e *E. urophylla*, evidenciam o forte efeito do ambiente na adaptabilidade e desenvolvimento desses materiais em uma região com déficit hídrico acentuado. Entre as espécies avaliadas, foi observado a maior sobrevivência do *E. grandis* em relação ao *E. urophylla*, indicando assim que entre as duas espécies o *E. grandis* é a espécie que apresenta uma maior adaptação a esse tipo de fenômeno abiótico.

Por sua vez, Conti Junior (2019) ao avaliar a capacidade de tolerância à seca de cinco clones de *Eucalyptus* em três sítios de produção distintos, constatou que os sítios com menor déficit hídrico apresentaram as maiores produtividades para todos os clones avaliados. No entanto, em cada local, houve variação significativa entre os clones e, consequentemente, há possibilidade de seleção. O clone *E. urophylla* mostrou-se produtivo ($IMA5 = 54,5 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) e tolerante, o clone *E. urophylla* x *E. grandis* adaptado em regiões menos restritivas e o clone *E. urophylla* x *E. brassiana* menos produtivo em todos os sítios avaliados ($IMA5 = 26,1 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), contudo com alta capacidade de sobrevivência em

condições secas, suportando o déficit hídrico. Furlan et al. (2020) conduziram um trabalho similar, onde 130 clones foram avaliados em dois tipos de textura de solos diferentes (argiloso e arenoso). Nesse trabalho também foi constatada alta variabilidade para a tolerância à seca entre os materiais avaliados e concluiu-se que existe interação simples genótipos x ambientes para os clones, sendo que os seis melhores clones apresentam tipicidade fenotípica de *E. camaldulensis* e foram indicados para plantios em escala pré-operacional ou testes em maior escala.

Quanto ao efeito das baixas temperaturas, esse fenômeno vem limitando a expansão de plantios florestais em regiões com grande potencial florestal, principalmente devido a ocorrência de geadas e ao reduzido número de espécies que se adaptam a esta condição climática (Sousa et al., 2021). Para o eucalipto, quando se tem temperaturas muito baixas, próximas ou abaixo de 0 °C, é observada a ocorrência de danos que podem acarretar a morte das plantas em diferentes idades. De modo geral, quanto mais jovem for a planta, maior serão os danos causados a ela, devido a maior sensibilidade do material vegetativo em função da proximidade ao solo, onde a inversão térmica é mais pronunciada (Paludzyszyn Filho e Santos, 2005). Em regiões onde a incidência de geadas severas compromete o estabelecimento e a adaptação de espécies de *Eucalyptus*, a tolerância ao frio é uma das características de maior relevância que pode ser avaliada e introduzida em um programa de melhoramento genético (Moraes et al., 2015). De acordo com Konzen et al. (2017), a introdução de espécies com tolerância às baixas temperaturas ou mesmo híbridos como espécies alternativas trata-se de uma estratégia importante para aumentar a produção de eucaliptos em regiões mais frias.

Conforme o levantamento feito por Paludzyszyn Filho et al. (2006), as espécies de *Eucalyptus* são economicamente importantes para as áreas mais frias do Brasil e constituem um pequeno grupo de espécies. As espécies deste gênero mais cultivadas nesses locais, atualmente são *E. benthamii* e *E. dunnii*. Contudo, outras espécies têm apresentado desenvolvimento silvicultural satisfatório em plantios experimentais, que podem vir a ampliar ou substituir esse número limitado de espécies (Brondani et al., 2010). Espécies como *Eucalyptus viminalis* Hook., *E. dunnii* e *E. benthamii* apresentam boa tolerância com elevada variabilidade para tolerância ao frio, por outro lado, essas espécies apresentam certa dificuldade na propagação vegetativa (Paludzyszyn Filho et al., 2006).

Em seu estudo, Frigotto (2016) mostra uma classificação de espécies potenciais para regiões com ocorrência de geadas, onde as três espécies que se destacaram foram *E. dunnii*, *E. benthamii* e *Eucalyptus dorrigoensis* (Blakely) L.A.S.Johnson & K.D.Hill. Teixeira (2019) observou que as progênies de *E. dunnii* avaliadas em seu estudo apresentaram alta tolerância à geadas, sendo que das 32 progênies avaliadas apenas cinco progênies apresentaram potencial para tolerância à geadas. Já Frigotto et al. (2020), ao avaliar 12 espécies do gênero *Eucalyptus*, oriundas de sementes de diferentes procedências observou que outras espécies de *Eucalyptus*, além das usualmente plantadas na região, podem apresentar potencial para povoamentos comerciais, tolerando as baixas temperaturas, a ocorrência de geadas e apresentando boa produtividade. São citadas como espécies potenciais em relação às características quantitativas *E. smithii* F.Muell. ex R.T.Baker, *E. dunnii*, *E. benthamii*, *E. badjensis* e *E. dorrigoensis*. Para variáveis qualitativas *E. badjensis*, *E. macarthurii* H.Deane & Maiden, *E. benthamii* e *E. dorrigoensis* apresentaram os melhores resultados. Assim como observado por Frigotto (2016) e Frigotto et al. (2020), Teixeira (2019) também verificou a variabilidade das características avaliadas entre procedências, destacando desse modo a importância da escolha de materiais genéticos adaptados.

3.4 Interação genótipos x ambientes

O ambiente pode afetar as respostas dos genótipos em termos de adaptabilidade e estabilidade devido à interação genótipos x ambientes, o que pode causar redução nos ganhos genéticos quando a seleção é realizada simultaneamente em diferentes ambientes (Santos et al., 2016; Teodoro et al., 2016). Dessa forma, compreender o efeito ambiental é fundamental na seleção de materiais genéticos mais produtivos (Oliveira et al., 2018).

A interação entre genótipos e ambientes (G x E) pode ser definida como o comportamento (fisiológico e bioquímico) de determinado genótipo em resposta às diferentes condições edafoclimáticas de uma região (Moraes et al., 2015). Nos programas de melhoramento, são testados vários genótipos em diferentes locais ao longo do tempo, possibilitando assim a manifestação e a quantificação da interação genótipo por ambiente. A magnitude da interferência desta interação no ganho realizado com a seleção de genótipos superiores pode ser estimada, a fim de verificar a sua influência sobre

o ganho com a seleção, permitindo assim verificar a confiabilidade de recomendação dos genótipos selecionados para um determinado ambiente (Squilassi, 2003).

Furlan et al. (2020) ao avaliarem o desempenho de 130 clones em dois locais (solo de textura arenosa e argilosa) na região nordeste do país, observaram a existência de um comportamento diferencial entre clones em cada ambiente, sendo que a interação genótipos x ambientes teve o maior efeito sobre a variável volume, porém essa interação foi classificada como ‘simples’ (Vencovsky e Barriga, 1992), tornando possível a indicação de plantio dos clones selecionados através do caráter volume para todos os ambientes. Santos (2019) ao avaliar a interação genótipos x ambientes para caracteres de produtividade e qualidade da madeira em clones de *E. dunnii* em três locais no sul do Brasil, também observou a existência de interação do tipo simples para os caracteres IMA e índice DAP x Db. Dessa forma, um mesmo grupo de clones pode ser selecionado para plantio comercial nesses ambientes sem a necessidade de criação de “zonas de melhoramento” para seleção e indicação de clones (Nunes et al., 2016).

Ao avaliar adaptabilidade, estabilidade e produtividade de 165 progênies de polinização aberta de *E. grandis* em oito locais, Castro et al. (2018) também observou a ocorrência de interação genótipo por ambiente, sendo essa considerada expressiva e do tipo ‘complexa’ (Vencovsky e Barriga, 1992). Dessa forma, houve a necessidade de estratificação dos clones de acordo com o ambiente, ou seja, os clones que irão proporcionar os melhores ganhos genéticos não serão os mesmos para todos os locais. Logo, como estratégia de melhoramento recomendou-se a adoção da estratificação ambiental, sendo indicado dois locais

como ambientes representativos dos locais estudados para seleção de genótipos superiores de *E. grandis*. Santos et al. (2015) ao avaliar a interação de genótipos em ambientes de clones de *Eucalyptus* em quatro locais do Estado do Rio Grande do Sul, também observou o mesmo tipo de interação em três deles, recomendando então que os Programas de Melhoramento Genético considerassem os três diferentes ambientes e a resposta diferenciada do comportamento dos clones entre esses ambientes, para fins de produção de indivíduos e para instalação de testes clonais com posterior seleção para plantios comerciais.

3.5 Percepção do mercado sobre a importância do melhoramento florestal

Entre os 60 entrevistados, 53 (88,3%) possuem vínculo profissional com empresas e/ou instituições que possuem atuação no setor florestal, 6 entrevistados (10,0%) não possuem vínculo com esse tipo de empresa e/ou instituição e 1 entrevistado (1,7%) preferiu não informar. No que se refere às empresas/instituições, 69,8% dos entrevistados possuem vínculo com empresas do setor privado, 26,4% do setor público e 3,8% com instituições representativas do setor florestal. Os entrevistados apontaram vínculo profissional com 38 empresas/instituição distintas.

Quanto ao gênero e/ou espécie florestal que os entrevistados possuem relação de trabalho, 82,8% citaram espécies exóticas enquanto 17,2% espécies nativas. Conforme a Tabela 1, foram citados 13 espécies e/ou gêneros florestais distintos, sendo que os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* L. tiveram a maior representatividade, 48,1% e 24,7% respectivamente.

Tabela 1. Distribuição do percentual de respostas para a seguinte pergunta: “Qual o principal gênero florestal que você ou sua empresa/órgão trabalham?”.

Table 1. Distribution of the percentage of responses to the following question: “What is the main forestry genre that you or your company/organ work on?”.

Gênero ou espécie florestal	Número de respostas	% em relação ao total de respostas
Exótica	72	82,8%
Nativa	15	17,2%
Total	87	100%
<i>Eucalyptus</i> L'Hér.	39	48,1%
<i>Pinus</i> L.	20	24,7%
<i>Acacia</i> Mill.	8	9,9%

continua
to be continued

continua – Tabela 1
continuation – Table 1

Gênero ou espécie florestal	Número de respostas	% em relação ao total de respostas
<i>Corymbia</i> K.D.Hill & L.A.S.Johnson	2	2,55
<i>Hevea brasiliensis</i> (Willd. ex A.Juss.) Müll.Arg.	2	2,5%
<i>Tectona grandis</i> Lf	2	2,5%
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	2	2,5%
<i>Jatropha curcas</i> L.	1	1,2%
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex R.Keith	1	1,2%
<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	1	1,2%
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	1	1,2%
<i>Khaya ivorensis</i> A.Chev.	1	1,2%
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	1	1,2%
Total	81	100,0%

No que se refere à presença da área de melhoramento genético florestal dentro das empresas/instituições, 29 (52,7%) entrevistados afirmaram existe uma área dedicada ao tema dentro de sua empresa e/ou instituição, enquanto 22 (40,0%) afirmaram que não há e 4 (7,3%) preferiram não informar. Quando questionados sobre a utilização das informações geradas por essa área pelas empresas/instituições, 30 (69,8%) entrevistados afirmam que a empresa/instituição utiliza essas informações de forma estratégica e 5 (11,6 %) acreditam que essas informações não são

utilizadas dessa forma. Os demais, acreditam que talvez as informações possam ser utilizadas de forma estratégica (11,6%) ou preferiram não informar (7,0%). Quando questionados, em uma escala de 1 a 10, sobre o quanto consideravam que a empresa/órgão que integram utilizam as informações da área de melhoramento para a tomada de decisões, mais de 60% dos entrevistados afirmaram que as informações geradas são muito utilizadas (escala de 8 a 10), como mostra a Figura 1.

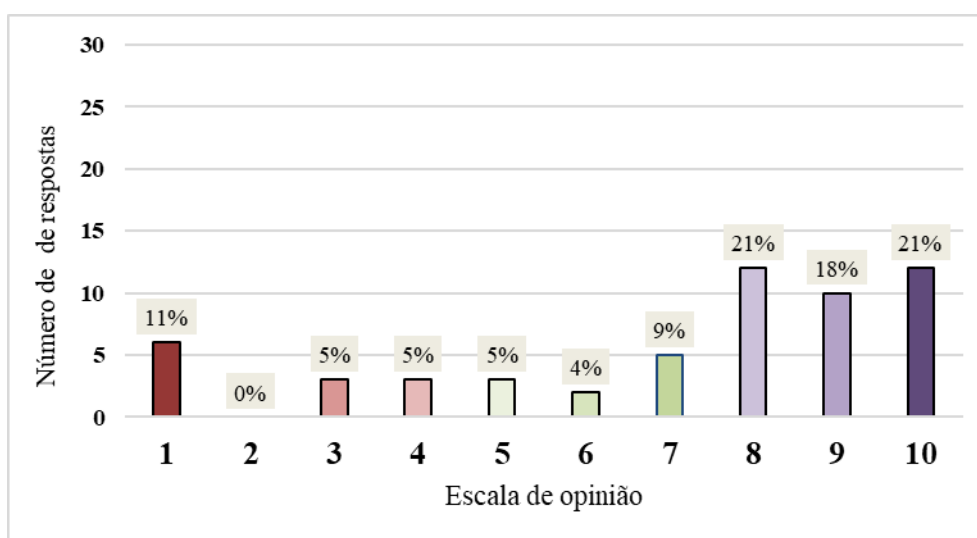


Figura 1. Distribuição do percentual de respostas em escala de 1 a 10, sendo 1 pouco utilizado e 10 muito utilizado, para a seguinte pergunta: “Quanto você considera que a sua empresa/órgão utiliza as informações da área de melhoramento para a tomada de decisão?”

Figure 1. Distribution of the percentage of answers on a scale of 1 to 10, with 1 being little used and 10 being very used, for the following question: “How much do you consider that your company/organ uses information from the improvement area for decision making? decision?”

A fim de identificar qual vem sendo o principal tópico discutido e/ou trabalhado dentro dos programas de melhoramento florestais do país, os entrevistados foram questionados sobre qual dos tópicos a seguir eles julgavam estar sendo tratados como prioridade dentro dos programas de melhoramento conduzido pela empresa/instituição que ele integra: A) Alocação de materiais genéticos conforme interação genótipos x ambientes; B) Avaliação e seleção de genótipos com tolerância e/ou resistência a estresses abióticos; C) Avaliação e seleção de genótipos com tolerância e/ou resistência a pragas e doenças e D) Estratégias para produção de sementes melhoradas. A alocação de materiais genéticos conforme interação genótipos x ambientes foi apontada como prioridade para 18 entrevistados, sendo esse o tópico com maior expressividade (43,9%) entre os pesquisados. A avaliação e seleção de genótipos com tolerância e/ou resistência a estresses abióticos assim como

estratégias para produção de sementes melhoradas foram apontadas como prioridade para 19,5% dos entrevistados. O tópico avaliação e seleção de genótipos com tolerância e/ou resistência a pragas e doenças foi o que apresentou menor expressividade (7,3%). Os demais entrevistados não tinham opinião formada (4,9%) ou preferiram não informar (4,9%).

No que se refere a percepção dos entrevistados quanto a contribuição da área de melhoramento como uma estratégia para gestão da produtividade florestal (Figura 2A), observa-se que 54% dos entrevistados acreditam que o melhoramento contribui muito como estratégia. Já quando questionados sobre quanto consideram que o melhoramento genético contribui para a gestão da produtividade florestal brasileira, 62% dos entrevistados acreditam que o melhoramento contribui muito para a gestão da produtividade brasileira (Figura 2B).

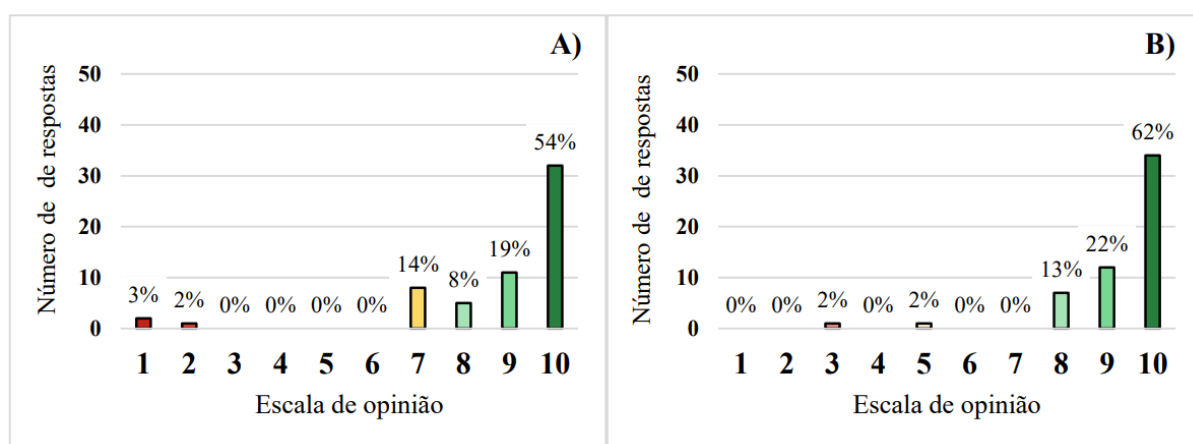


Figura 2. Distribuição do percentual de respostas em escala de 1 a 10, sendo 1 pouca contribuição e 10 muita contribuição para as seguintes perguntas: A) “Quanto você considera que a área de melhoramento contribui como uma estratégia para gestão da produtividade?”

Figure 2. Distribution of the percentage of answers on a scale from 1 to 10, with 1 being a low contribution and 10 a lot of contribution to the following questions: A) “How much do you consider that the improvement area contributes as a productivity management strategy?”

4 CONCLUSÕES

O melhoramento genético florestal tem contribuído para a gestão da produtividade florestal a partir de diferentes frentes de trabalho e pesquisa, sendo algumas delas voltadas para a estratégias de produção de sementes melhoradas, avaliação e seleção de genótipos com tolerância e/ou resistência a pragas e a doenças, avaliação e seleção de genótipos com tolerância e/ou resistência a estresses abióticos e a alocação de materiais genéticos conforme interação genótipos x ambientes.

De acordo com a pesquisa realizada, conclui-se os programas de melhoramento genético vêm ganhando espaço dentro das empresas florestais e os resultados gerados a partir deles vêm sendo utilizados como uma estratégia para gestão da produtividade florestal. Do mesmo modo, a compreensão da potencialidade de utilização do melhoramento florestal como uma ferramenta de gestão da produtividade também vem se consolidando, sendo que atualmente a alocação de materiais genéticos conforme interação genótipos x ambientes é apontada como a principal linha de trabalho dentro dos programas de melhoramento.

Eucalyptus é o gênero florestal como maior expressão de utilização pelas empresas apontadas na pesquisa, principalmente no segmento das empresas privadas. Uma diversidade de espécies florestais nativas vem sendo utilizada como fonte de trabalho e pesquisa pelas instituições públicas, tais como as universidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFENAS, A. et al. **Clonagem e doenças do eucalipto**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2009.
- ASSIS, T.F. de. **Melhoramento genético de Eucalyptus: desafios e perspectivas**. p. 1-13, 2014
- AUER, C.G.; SANTOS, A.F. dos Pesquisas com doenças em eucalipto na Região sul do Brasil. In: **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, p. 781-794, 2021.
- _____.; SANTOS, A.F. dos; FURTADO, E.L. Doenças do eucalipto. In: **Manual de fitopatologia doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2015. v. 2p. 359-372.
- BARBOSA, L.R. et al. Pragas de eucaliptos. In: **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, p. 752-780, 2021.
- BINKLEY, D. et al. The interactions of climate, spacing, and genetics on clonal *Eucalyptus* plantations across Brazil and Uruguay. **Forest Ecology and Management**, v. 405, p. 271-283, 2017.
- BOIÇA JÚNIOR, A.L. et al. Atualidades em resistência de plantas a insetos. In.: BUSOLI, A.C. et al. (Ed) **Tópicos em Entomologia Agrícola – VI**. Jaboticabal, Maria de Lourdes Brandel-ME, 2023. p. 207-224.
- BORA, K.C. et al. Favorabilidade climática para a ferrugem do eucalipto no estado do Paraná. **Summa Phytopathologica**, v. 42, n. 1, p. 24-42, 2016.
- BRONDANI, G.E. et al. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* × *Eucalyptus dunnii*: (II) sobrevivência e enraizamento de miniestacas em função das coletas e estações do ano. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 3, p. 453-465, 2010.
- CAMARGO, J.M.M. et al. Resistência de clones de *Eucalyptus* ao psilídeo-de-concha. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 77, p. 91-97, 2014.
- CAMARGO, L.E.A. Análise genética resistência e da patogenicidade. In: BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. (Ed.) **Manual de fitopatologia: Princípios e conceitos**. São Paulo: Ed. Agronômica, 1995. p. 470-492.
- CASTRO, C. et al. Adaptabilidade, estabilidade e produtividade de progênies de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, v. 46, p. 157-166, 2018.
- CHAGAS, M. et al. Genetic variability in progenies of *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urophylla* for tolerance to hydric deficit. **Floresta**, v. 48, n. 4, p. 543-552, 2018.
- CHOU, S.C. et al. Assessment of Climate Change over South America under RCP 4.5 and 8.5 Downscaling Scenarios. **American Journal of Climate Change**, v. 3, n. 5, p. 512–527, 2014.
- CONTI JUNIOR, J.L.F. **Parâmetros fisiológicos como indicadores de tolerância à seca em clones de Eucalyptus spp.** 2019. 33 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Genética e Melhoramento de Plantas) — Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.
- CORREIA, B. et al. Combined Drought and Heat Activates Protective Responses in *Eucalyptus globulus* That Are Not Activated When Subjected to Drought or Heat Stress Alone. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1-14, 2018.
- CREEK, D. et al. Coordination between leaf, stem, and root hydraulics and gas exchange in three arid-zone angiosperms during severe drought and recovery. **Plant, Cell & Environment**, v. 41, n. 12, p. 2869-2881, 2018.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S.; REGAZZI, A.J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 3ª ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014. v. 2, 668 p.
- FERREIRA, M.; SANTOS, P.E.T. dos. Melhoramento genético florestal dos *Eucalyptus* no Brasil: breve histórico e perspectivas. In: Conferência IUFRO sobre silvicultura e melhoramento de eucaliptos. **Anais...** Salvador: 1997. p. 14-34.

- FOWLLER, F.J. **Survey Research Methods**. 4th ed. Thousand Oaks, CA: Sage Publication. 2009. 201 p.
- FONSECA, S.M.D. et al. **Manual prático de melhoramento genético do eucalipto**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2010. 200 p.
- FRIGOTTO, T. **Seleção de espécies/procedências e propagação vegetativa de *Eucalyptus* spp. na região norte de Santa Catarina**. 2016. 94 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal) — Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.
- _____. et al. Desempenho de espécies e procedências de *Eucalyptus* no Planalto Norte Catarinense, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 127, p. 13, 2020.
- FURLAN, R.A.; TAMBARUSSI, E.V.; MORAES, C.B. Genetic parameters of *Eucalyptus* spp. clones in northeastern Brazil. **Floresta**, v. 50, n. 2, p. 1267-1278, 2020.
- GONÇALVES, J.L.M. et al. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 6-27, 2013.
- HAIR, J.F.J. et al. **The essentials of business research methods**. Nova Jersey: Routledge, 2015. 520 p.
- HARDNER, C.M. et al. Patterns of genotype-by-environment interaction in diameter at breast height at age 3 for eucalypt hybrid clones grown for reafforestation of lands affected by salinity. **Tree Genetics and Genomes**, v. 6, n. 6, p. 833-851, 2010.
- IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **RELATÓRIO 2022** (Ano base 2021). Itaim Bibi – SP : IBÁ, 2022. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>. Acesso em: 01 Fev. 2023.
- JACOBS, M.R. **Eucalypts for planting**. Rome: FAO, 1979. 765 p.
- PINTO JÚNIOR, J.E.; SILVEIRA, R.A. A introdução do eucalipto no Brasil pela Embrapa: bases institucionais e sua estruturação para a pesquisa com eucaliptos e corímbias. In: **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília: Embrapa, 2021. p. 33–112.
- KAMALAKANNAN, R. et al. Options for converting a clone trial of *Eucalyptus camaldulensis* into a clonal seed orchard considering gain, fertility and effective clone number. **Journal of Forestry Research**, v. 27, n. 1, p. 51-57, 2016.
- KONZEN, E.R. et al. Genetic variation for growth variables of *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage and *E. smithii* R.T. Baker provenances in southern Brazil. **Cerne**, v. 23, p. 359-366, 2017.
- KÜNST, T.B.S.; WREGGE, M.S.; QUEIROZ, D. L. de. Avaliação de danos causados pelo ácaro *Rhombacus eucalypti* em *Eucalyptus* spp. em casa de vegetação. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA FLORESTAS. **Anais...** Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2016. p. 43-44.
- MASEDA, P.H.; FERNÁNDEZ, R.J. Growth potential limits drought morphological plasticity in seedlings from six *Eucalyptus* provenances. **Tree physiology**, v. 36, n. 2, p. 243-251, 2016.
- MITCHELL, P.J. et al. Significant contribution from foliage-derived ABA in regulating gas exchange in *Pinus radiata*. **Tree Physiology**, v. 37, n. 2, p. 236-245, 2017.
- MORAES, C.B. de et al. Variabilidade genética em progênes de meios-irmãos de eucaliptos para tolerância ao frio. **Revista Árvore**, v. 39, p. 1047-1054, 2015.
- NAVARRETE-CAMPOS, D. et al. Drought effects on water use efficiency, freezing tolerance and survival of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus globulus* × *nitens* cuttings. **New Forests**, v. 44, n. 1, p. 119-134, 2013.
- NUNES, A. et al. Estabelecimento de zonas de melhoramento para clones de eucalipto no Rio Grande do Sul. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 111, p. 563-574, 2016.
- OLIVEIRA, T.W.G. de et al. Stability and adaptability for wood volume in the selection of *Eucalyptus saligna* in three environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 611-619, 2018.
- OLIVEIRA, F.S. **Aspectos morfoanatômicos e metabólicos envolvidos na tolerância à seca em eucalipto**. 2021. 99 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P.E.T. dos. **Considerações sobre o plantio de *Eucalyptus dunnii* no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2005. Xx p.

_____.; SANTOS, P.E.T. DOS; FERREIRA, C.A. **Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2006. Xx p.

PARLEVLIET, J.E. Present concepts in breeding for disease resistance. **Fitopatologia Brasileira**, v.22, p.7-15, 1997.

PINSONNEAULT, A.K.; KENNETH, L. Survey Research Methodology in Management Information Systems: An Assessment. **Journal of management information**, v. 10, n. 2, p. 75-105, 1993.

REUNIÃO da Comissão de Melhoramento da SIF, VI. 1989, Capelinha. **Reunião...Capelinha: SIF**, 1989. 53 p.

REUNIÃO sobre Técnicas para Produção de Híbridos. 1987. Piracicaba. **Reunião... Piracicaba: IPEF**, 1987. 72 p.

RESENDE, M.D.V. de; ALVES, R.S. Genética: estratégias de melhoramento e métodos de seleção. In: **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2021. p. 171-202.

RYAN, M.G. et al. Factors controlling *Eucalyptus* productivity: How water availability and stand structure alter production and carbon allocation. **Forest Ecology and Management, Productivity in Tropical Plantations**, v. 259, n. 9, p. 1695-1703, 2010.

SANTOS, A.F. dos; AUER, C.G.; GRIGOLETTI JUNIOR, A. **Doenças do eucalipto no sul do Brasil: identificação e controle**. Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2001. 20 p.

SANTOS, O.P. **Produtividade, qualidade da madeira e interação genótipo x ambiente do *Eucalyptus dunnii* Maiden no Sul do Brasil**. 2019. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

SANTOS, G. et al. An index combining volume and Pilodyn penetration to study stability and adaptability of *Eucalyptus* multi-species hybrids in Rio Grande do Sul, Brazil. **Australian Forestry**, v. 79, p. 248–255, 2016.

SANTOS, G.A. et al. Interação genótipos x ambientes para produtividade de clones de *Eucalyptus* l'hér. no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v. 39, p. 81–91, 2015.

SANTOS, P.E.T. dos et al. Melhoramento genético de eucaliptos subtropicais: contribuições para a espécie *Eucalyptus benthamii*. **Documentos**, n. 347, p. 82, 2020.

_____. et al. Melhoramento genético e lançamento de cultivares. In: **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 113-170.

SCHULTZ, B. et al. Impacto da mancha foliar causada por *Cylindrocladium candelabrum* em plantios jovens de *Eucalyptus benthamii* em Rio Negrinho - SC. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 307-316, 2015.

SILVA, L.D.; HIGA, A.R.; SANTOS, G.A.D. **Silvicultura e melhoramento genético de *Eucalyptus benthamii***. 1ª ed. Piracicaba, SP: Livrocere, 2012. 150 p.

SILVA, P.H.M.; ANGELI, A. **Implantação e manejo de florestas comerciais**. 18. ed. Piracicaba: IPEF, 2006. 14p.

SOARES, I.D. et al. Estratégias de seleção de progênes de *Eucalyptus saligna* para produção de sementes melhoradas. **Scientia Forestalis**, v. 45, n. 114, p. 319-326, 2017.

SOUSA, V.A. de; AGUIAR, A. de; JÚNIOR, J.E.P. Manuseio de pólen e produção de híbridos de *Eucalyptus* e *Corymbia*. In: **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 269-312.

SQUILASSI, M.G. **Interação de genótipos com ambientes**. Aracaju, SE: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2003. 48 p.

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

TEIXEIRA, L.G. **Seleção e ganho genético em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus dunnii* para tolerância ao frio**. 2019. 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi.

TEODORO, P.E. et al. Mixed models for selection of *Jatropha* progenies with high adaptability and yield stability in Brazilian regions. **Genetics and molecular research**, v. 15, n. 3, p. 1-9, 2016.

VARGAS, L.M.P. et al. Serviços ecossistêmicos e eucalipto. In: **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, p. 611–666, 2021.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto, SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.

WHITE, D.A. et al. Wood production per evapotranspiration was increased by irrigation in plantations of *Eucalyptus globulus* and *E. nitens*. **New Forests**, v. 47, n. 2, p. 303–317, 2016.