



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS - CCAA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS - DCF**

FERNANDA LUÍZA DOS SANTOS FERNANDES

**POTENCIAL PRODUTIVO, COMPORTAMENTO E DESENVOLVIMENTO
PRECOCE DE MATERIAIS GENÉTICOS DE EUCALIPTO PARA O LITORAL DO
ESTADO DE SERGIPE**

São Cristóvão - SE
2024

FERNANDA LUÍZA DOS SANTOS FERNANDES

**POTENCIAL PRODUTIVO, COMPORTAMENTO E DESENVOLVIMENTO
PRECOCE DE MATERIAIS GENÉTICOS DE EUCALIPTO PARA O LITORAL DO
ESTADO DE SERGIPE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de Ciências
Florestais da Universidade Federal de
Sergipe, como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheira Florestal.

ORIENTADOR: Prof. Dr. João Basílio Mesquita

COORIENTADOR: Eng. Florestal Kelvin Santos Rodrigues

São Cristóvão - SE
2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE - UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS - CCAA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS - DCF

**POTENCIAL PRODUTIVO, COMPORTAMENTO E DESENVOLVIMENTO
PRECOCE DE MATERIAIS GENÉTICOS DE CLONES DE EUCALIPTO DE ALTA
DENSIDADE PARA O LITORAL DO ESTADO DE SERGIPE**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de Ciências
Florestais da Universidade Federal de
Sergipe, como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheira Florestal.

APROVADO: 03/05/2024

ORIENTADO: Fernanda Luíza dos Santos Fernandes

Prof. Dr. João Basílio Mesquita
(Orientador)

Eng. Florestal Kelvin Santos Rodrigues
(Coorientador)

Eng. Florestal Antônio Marcos Rezende
(Avaliador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela sua grandiosidade em todos os planos que tem para comigo, por ter me dado sabedoria e por ter me guiado até aqui.

Aos meus pais, Elmo e Suely, e a minha irmã, Rafaela, por terem sido a minha fortaleza na caminhada acadêmica.

Ao meu filho Don pelas noites em que me fez companhia enquanto eu estudava.

As minhas tias, pela perseverança junto aos meus pais na minha educação e por reafirmarem dia após dia a importância dos estudos.

Ao meu namorado, pela paciência e companheirismo nessa fase de conclusão de curso.

Ao professor e orientador Dr. João Basílio Mesquita pelos ensinamentos, pela orientação, pela paciência e por todo o apoio e atenção.

Ao coorientador Kelvin Santos Rodrigues pela orientação, acompanhamento e cuidado que teve em todas as etapas deste trabalho.

Aos funcionários da Cal Trevo na Fazenda Itália, em especial a Célio e Raimundo, pela participação e contribuição para com o experimento e pelos ensinamentos adquiridos através dos anos de experiência.

Ao Engenheiro Florestal Antônio Marcos Resende pela disposição no processamento dos dados e pela contribuição e atenção para com o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas de curso e departamento que auxiliaram na implantação e nas avaliações do experimento.

Aos amigos que fiz na graduação e que esperaram comigo por este dia.

Aos professores do Departamento de Ciências Florestais, por terem dividido durante o curso cada ensinamento adquirido.

RESUMO

O baixo suprimento de madeira para energia no estado de Sergipe levou indústrias a adquirirem madeira de outros fornecedores em outros estados, o que elevou o custo das suas atividades. A partir dessa realidade, surgiu a necessidade de desenvolver estudos quanto a seleção de materiais genéticos de eucalipto adaptados às condições edafoclimáticas do litoral sergipano, considerando parâmetros como incremento em altura, diâmetro e volume bem como sua produtividade na região. O objetivo deste trabalho é avaliar o comportamento e desenvolvimento precoce de materiais genéticos de eucalipto de alta densidade no litoral do estado de Sergipe. O experimento consistiu na implantação de 15 clones de *Eucalyptus* spp., através do delineamento em blocos casualizado (DBC), distribuídos de forma aleatória em 4 blocos (repetições), formando unidades amostrais constituídas por 6 linhas e 6 árvores por linha, totalizando 36 árvores por parcela. A parcela útil avaliada é composta por 16 árvores centrais. As avaliações quantitativas e qualitativas ocorreram aos 18 meses após o plantio, avaliando altura, diâmetro à altura do peito (DAP), volume de madeira, incremento médio anual, taxa de sobrevivência e anormalidades bióticas e abióticas. Utilizou-se da análise de variância (ANOVA), comparando e agrupando as médias pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$) das variáveis quantitativas avaliadas. Na avaliação quantitativa observou-se destaque inicial do clone PF09 por apresentar resultados satisfatórios quanto às variáveis analisadas, o colocando em observação quanto ao seu desenvolvimento e produtividade para a matriz energética de alta densidade em Sergipe. Na avaliação qualitativa foi observado que os clones PF01, PF02, PF03 PF04 e PF07 apresentaram maiores taxas de anormalidades como bifurcação e tortuosidade.

Palavras-chave: Biomassa para energia. Teste clonal. *Eucalyptus* spp.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 O Gênero <i>Eucalyptus</i>	10
2.2.1 <i>E. grandis</i>	10
2.2.2 <i>E. urophylla</i>	11
2.2.3 <i>E. pellita</i>	12
2.2 Silvicultura clonal no Nordeste	12
2.2.1 Concentração fundiária em Sergipe	14
2.3 Melhoramento genético florestal.....	15
2.3.1 Biomassa florestal para fins energéticos industriais.....	17
2.4 Oportunidades de expansão da produção de biomassa florestal no Estado de Sergipe.....	18
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Caracterização da área experimental	21
3.2 Práticas silviculturais e implantação do teste clonal	22
3.3 Avaliação do teste clonal.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1 Avaliação clonal quantitativa.....	27
4.1.1 Altura média	27
4.1.2 Diâmetro das árvores à altura do peito (DAP)	28
4.1.3 Volume médio de madeira.....	31
4.1.4 Coeficiente de variação	33
4.1.5 Incremento Médio Anual (IMA)	34
4.2 Avaliação clonal qualitativa.....	36
4.2.1 Taxa de sobrevivência das árvores	36
4.2.2 Anormalidades qualitativas observadas	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

O primeiro projeto de reflorestamento no Brasil, criado pela Companhia Paulista de Estradas de Ferro (CPEF) no início do século XX, empregou o gênero *Eucalyptus* em áreas degradadas pela produção de café. Desde então, o eucalipto vem suprimindo necessidades ambientais e industriais e tornou-se uma peça importante na economia brasileira. Características como rápido crescimento, aplicação em diversas áreas produtivas, menor rotação e elevada produtividade fizeram do eucalipto a espécie exótica mais plantada do país (Blog Klabin, 2023).

Das 730 espécies do gênero *Eucalyptus* reconhecidas a nível botânico, atualmente, somente 20 espécies são utilizadas comercialmente no mundo. No Brasil, o material genético mais utilizado é fruto da hibridação entre *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, pois une as qualidades desejadas das duas espécies em uma única planta. A produtividade do eucalipto no Brasil em 2023 oscilou entre 20 m³/ha/ano e 42,4 m³/ha/ano nos estados de menor e maior produtividade média. É essa produtividade que faz o setor de árvores plantadas no Brasil ser um forte e consolidado segmento da agroindústria, recordista em produção de celulose (25 milhões de toneladas), de papel (11 milhões de toneladas) e painéis de madeira (8,5 milhões de m³) (BARCELOS, 2019; IBÁ, 2023; OLIVEIRA, 2020).

O crescimento da eucaliptocultura no país deve-se a melhoria das técnicas silviculturais de preparo, implantação e manutenção, e melhoramento genético e clonagem de árvores com a ampla gama de usos da matéria-prima. Além disso, as condições edafoclimáticas do Brasil, semelhantes em diversos aspectos às condições encontradas na Austrália, país de origem do eucalipto, foram elementos-chave para o estabelecimento desta cultura sobre outras espécies. De acordo com o Relatório Anual Ibá 2023, o Brasil conta com 7,6 milhões de hectares de área plantada com eucalipto, o equivalente a 76% da área plantada total do país. Na atualidade, as empresas produtoras de eucalipto focam seus investimentos em programas de melhoramento genético, de forma a aperfeiçoar aspectos quantitativos e qualitativos relacionados aos produtos provindos do eucalipto (BRAGA *et al.*, 2020; OLIVEIRA, 2020; REIS *et al.*, 2014)

Através da silvicultura é possível aplicar técnicas na implantação e manejo de uma floresta clonal, com o objetivo de selecionar um material genético até seu aproveitamento final em diversos fins. Os programas de melhoramento florestal

atingem sua fase final quando testam clones de genótipos aprovados nos testes genéticos e os põe em competição em larga escala ou em plantios comerciais. Das técnicas de domesticação de florestas, a técnica mais utilizada em programas de melhoramento genético florestal é a técnica de domesticação por seleção. Nela, as árvores superiores são selecionadas e tem suas características de interesse propagadas por gerações sucessivas, testadas em diferentes ambientes até atingir estabilidade no sítio de plantio, precedendo a recomendação final e multiplicação (ARAÚJO *et al.*, 2015; BARCELOS, 2019; ROSADO *et al.*, 2012).

O avanço da silvicultura clonal trouxe consigo a redução do intervalo entre as gerações do melhoramento por meio da seleção precoce. Nesta técnica, os melhoristas buscam reconhecer características de interesse das árvores em idade juvenil e prever o comportamento e desempenho da árvore adulta, correlacionando com características de interesse econômico. Para os autores, a estimativa e predição de caracteres de interesse proporciona maior adaptação e rapidez na resposta diante a mudanças no setor florestal (ARAÚJO, 2015; MASSARO *et al.*, 2010).

Ainda assim, apesar da ampla gama de trabalhos a respeito da interação “genótipo x ambiente” em eucalipto favorecidos pelas diferentes condições ambientais do Brasil, nota-se carência de estudos que subsidiem o melhoramento e adaptação de clones de eucalipto para a região Nordeste. O desenvolvimento das regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul permitiu o avanço da silvicultura clonal e a seleção de clones adaptados às suas condições climáticas, o que gerou uma problemática quando da oportunidade de expansão dos plantios clonais para as regiões Norte e Nordeste.

Conforme explicitado por Furlan (2018), os primeiros plantios comerciais na região Nordeste foram realizados na década de 1980 a partir das espécies *E. grandis* e *E. urophylla* selecionados para o Sudeste.

Em Sergipe, a demanda energética de madeira vem apresentando crescimento exponencial. O que se nota, entretanto, é uma carência singular de informações quanto ao desenvolvimento de florestas plantadas e de indicação de materiais genéticos adaptados às condições edafoclimáticas do litoral sergipano. O baixo desenvolvimento do setor florestal no estado está atrelado a pequenos e concentrados plantios monoclonais, sujeitos a utilização de materiais genéticos testados em outras regiões do país. A urgente demanda por madeira forçou empresas utilizadoras de biomassa, notadamente florestal, a adquirir lenha de outros estados, influenciando

diretamente na esfera econômica das suas atividades industriais. Porém, expandir plantios florestais para locais onde há desconhecimento acerca do potencial produtivo gera incertezas quanto à produtividade esperada (SANTOS *et al.*, 2017). Com isso, reforça-se a necessidade de seleção específica de materiais genéticos voltados às necessidades produtivas e ambientais da região.

O que se espera, contudo, das novas fronteiras da silvicultura é o desenvolvimento e melhoria dos plantios florestais em regiões pouco desenvolvidas no âmbito da eucaliptocultura. Diante de tal conjuntura, o objetivo deste trabalho é avaliar o potencial e comportamento inicial de clones de *Eucalyptus* spp. de alta densidade para o litoral do estado de Sergipe.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O Gênero *Eucalyptus*

Foi a partir do início do século XX que os estudos relacionados a diversificação da matriz energética no Brasil tomaram forma. O engenheiro Edmundo Navarro de Andrade viu no gênero *Eucalyptus* uma alternativa para o suprimento de madeira, contribuindo para a diminuição da pressão sobre florestas nativas e alavancando o desenvolvimento de regiões do Brasil, aplicando-o em primeira instância na manutenção e construção de ferrovias.

Na atualidade, o *Eucalyptus* é considerado o gênero florestal mais plantado no Brasil em função do seu rápido crescimento, capacidade de adaptação às diversas regiões e potencial econômico bem como em função das suas variadas aplicações como celulose e papel, serraria, movelaria, carvão e lenha, cosmetologia, produtos de higiene e limpeza (PEZZOTI, 2021).

Não obstante, ainda é o gênero mais utilizado na implantação de florestas de matriz energética no país. Em virtude disso, o Brasil possui um alto número de espécies melhoradas geneticamente, com ampla distribuição ecológica, testadas em situações distintas quanto a solo, clima, relevo, disponibilidade hídrica e nutricional (PEZZOTI, 2021).

Apesar da grande adaptabilidade das espécies do gênero às diferentes condições edafoclimáticas, como em todo melhoramento genético, as espécies podem apresentar diferentes respostas aos estímulos ambientais de cada nicho ecológico que estão inseridas, sendo imprescindível a realização de testes e ensaios que avaliam a plasticidade e adaptação do material genético em diferentes locais (OLIVEIRA, 2016).

2.2.1 *E. grandis*

O *E. grandis* apresenta grande porte e madeira leve com boa trabalhabilidade, de cor rosa levemente avermelhada, utilizada de forma ampla em serraria e na construção civil. Em função da sua resposta silvicultural, rápido crescimento, boa forma e propriedades de uso múltiplo da madeira, o plantio desta espécie no Brasil equivale a 50% da área plantada total do país. A espécie ainda é comumente utilizada

na forma de híbridos com *E. urophylla* para obtenção de papel e celulose e uso energético (BRAGA *et al.*, 2020; D'ALMEIDA, 2014; ESALQ, 2013; OLIVEIRA, 2016; REIS *et al.*, 2013).

Em campo, a espécie possui suscetibilidade a ferrugem, mancha de bactéria e de outros patógenos como *Cylindrocladium*, *Phaeophleospora*, *Aulographina*, *Mycosphaerella* e *Cryptosporiopsis*, murcha de *Ralstonia* e ainda cancro causado por *Ceratocystis*, *Coniothyrium*, *Cytospora* e *Botryospora* (ESALQ, 2013).

Apesar das patologias, para D'Almeida (2014), o *E. grandis* tem significativo desenvolvimento nas regiões tropicais e subtropicais do Brasil, tendo seu valor econômico associado ao seu rápido incremento volumétrico e bom conteúdo de celulose.

2.2.2 *E. urophylla*

Ainda percorrendo sobre espécies do gênero *Eucalyptus* mais plantadas no Brasil, o *E. urophylla* destaca-se pela produtividade elevada, plasticidade adaptativa e estabilidade genética em diversas regiões testadas, razão para sua expansão nas regiões Norte e Nordeste. A espécie, geralmente plantada em regiões quentes, possui madeira clara de média densidade utilizada na produção de celulose, painéis, serraria e energia (PEZZOTI, 2021).

Assim como o *E. grandis* esta espécie possui grande potencial de adaptação a ambientes variados, sendo visto bem desenvolvido em climas tropicais úmidos a secos e subtropicais. Essa adaptação também se estende quanto ao solo, sendo visto plantado em regiões de solo pouco desenvolvido e extremamente férteis a regiões onde o solo é menos fértil, mais intemperizado e com déficit hídrico. A amplitude de ocorrência da espécie está relacionada a sua eficiência nutricional e hídrica conquistada através de mecanismos fisiológicos, foliares e radiculares resultantes de um processo adaptativo longo ao ambiente ecológico da sua região de origem (LUZ, 1997; REIS *et al.*, 2013; SCAVANCA JUNIOR, 2001).

Para Scavanca (2001), há expressivo interesse quanto a plantios de *E. urophylla* em zonas tropicais úmidas uma vez que as zonas mais tropicais se destacam pelas procedências mais produtivas e estáveis.

Quanto as patologias, o *Eucalyptus urophylla* apresenta tolerância ao ataque de *Cryphonectria cubensis* (cancro), um patógeno comum em regiões de clima

tropical, e resistência à *Puccinia psidii* (ferrugem) (BRAGA *et al.*, 2020; REIS *et al.*, 2013).

2.2.3 *E. pellita*

Para Andrade (2020), dentre as espécies amplamente cultivadas no Brasil, o *E. pellita* ainda se encontra em fase de teste para utilização em programas de melhoramento para obtenção de genótipos potenciais para uso industrial. Apesar de apresentar crescimento inferior quando comparado as espécies acima citadas, o *E. pellita* possui caracteres de interesse que podem ser incluídos em programas de melhoramento, principalmente se tratando de híbridos interespecíficos com espécies de alto crescimento, a exemplo da tolerância à seca, densidade superior a 550 kg/m³, resistência moderada ao fungo causador do cancro *Cryphonectria cubensis*, à doenças como ferrugem, machas por fungos do gênero *Cylindrocladium* e outras propriedades químicas atrativas à produção de celulose e papel.

Segundo o autor, a hibridação entre espécies de alto crescimento como *E. grandis* e *E. urophylla* com espécies como *E. pellita* surgiu da necessidade de união em um único genótipo de caracteres como alto crescimento, densidade básica alta, bom rendimento em celulose e ainda resistência a secas e a doenças. Entretanto, cabe salientar a importância do estudo das bases genéticas das espécies no cruzamento pois, de acordo com Luz (1997), a espécie *Eucalyptus pellita* é considerada muito próxima e aparentada, da mesma série, inclusive sendo semelhante em aparência, morfologia e madeira, da espécie *Eucalyptus urophylla*, visando sempre manter a heterose entre os cruzamentos.

Flores *et al.* (2016) tornou clara a aptidão climática da espécie que pode ser cultivada das regiões Sudeste a Norte do país e em regiões no litoral do Nordeste que inclui Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco e Paraíba.

2.2 Silvicultura clonal no Nordeste

Nas regiões Norte e Nordeste os plantios de eucalipto passaram a ser implantados na década de 1980, mediante o plantio de materiais genéticos utilizados e testados na região Sudeste do Brasil. A problemática dessa prática se associa a adaptação do material genético que, neste caso, eram adaptados ao clima temperado e chuvas regulares (PEZZOTI, 2021).

A partir dos anos 2000, as pesquisas científicas possibilitaram o aumento da seleção de materiais adaptados. As experimentações iniciaram com espécies arbóreas nativas do Brasil como peroba, jequitibá, pinheiro-do-Paraná, cabreúva e jacarandá-paulista e, a partir disso, tomou-se conhecimento do potencial do eucalipto (ARAUJO, 2015).

Desde então, a ampliação das florestas de rápido crescimento tem sido alvo do melhoramento genético, desenvolvendo e testando clones que atendam as necessidades de produção. No Nordeste, as características buscadas nos materiais genéticos são produtividade, tolerância a condição regional de déficit hídrico e temperaturas mais elevadas (PEZZOTI, 2021).

Informações quanto ao desenvolvimento de plantios de diversos materiais genéticos nos mais variados sítios na região Nordeste são imprescindíveis para viabilizar o reflorestamento e o processo de seleção clonal pois é estudando e avaliando o comportamento das espécies que se pode compreender como os caracteres são influenciados pelo meio e como esses resultados afetam a produtividade e o atendimento da demanda por biomassa.

Para o sucesso da silvicultura clonal na região é indispensável a escolha do material genético mais adequado, levando em consideração as exigências bioclimáticas e comerciais. A expansão da eucaliptocultura tem ocorrido especialmente nos estados da Bahia, Piauí, Maranhão e Alagoas (PEZZOTI, 2021), elencadas por empresas e indústrias que utilizam biomassa florestal para energia em seus processos diários.

A silvicultura clonal vem sendo empregada de forma estratégica na produção florestal, sempre almejando obter maior uniformidade, melhor adaptação ao local de plantio, maior rendimento e produtividade, redução do ciclo de corte, racionalização das atividades operacionais e, como consequência, redução nos custos que envolvem colheita e transporte (SILVA, 2001).

Por fatores como aumento da demanda por madeira fora das regiões produtoras e o elevado custo com transporte nas distâncias continentais do país que estas empresas passaram a cruzar novas fronteiras agrícolas e investir no aumento do cultivo de espécies florestais de maneira a atender a demanda por madeira nas demais regiões do território nacional, e encontram no Nordeste um grande potencial para expansão do setor de florestas plantadas (SOUZA *et al.*, 2023).

2.2.1 Concentração fundiária em Sergipe

A concentração fundiária em Sergipe é assunto-chave para o entendimento da dinâmica florestal no Estado.

Sergipe, o menor estado entre as unidades federativas, passou por mudanças no seu uso da terra e em seu cenário econômico nas últimas décadas indo de pecuária e agricultura, principalmente na produção de cana-de-açúcar, à produção de frutas cítricas, especialmente, a laranja (SILVA, ALVES e SÁ, 2016).

Sendo Sergipe um estado concentrado em pequenos e médios produtores, buscou-se entender a relação da terra frente à possibilidade de inserção eucaliptocultura no cotidiano dos proprietários rurais, empresas e investidores.

Silva, Alves e Sá (2016) avaliando a estrutura fundiária do estado nos períodos de 2002 a 2012, se depararam com um processo, mesmo que localizado, de agravamento da concentração de terra, adjunto do incremento dos níveis de ociosidade da grande propriedade. Quando avaliado o número total de imóveis entre os anos de 2003 a 2010, o Nordeste apresentou um acréscimo de 233.468 imóveis, o equivalente a 25.479.317 hectares. Ainda que destas áreas o número de grandes propriedades tenha aumentado em 37,1%, a participação da área produtiva nestas propriedades vem diminuindo, refletindo no aumento de áreas improdutivas. Se antes as lavouras de cana-de-açúcar de grande porte recebiam apoio e incentivo do Estado, o que se tem nos últimos dez anos é uma variação da produção que chega até -73%, dando espaço para a expansão do milho, da batata-doce e do arroz (ESTAÇÃO AGRÍCOLA, 2023).

Ainda assim, a monopolização se mantém até os dias atuais, agora com outra cultura: a laranja. As pequenas produções familiares encontram-se subordinadas ao monopólio da produção desde a década de 1970 e a estratégia de resistência contra o monopólio então adotada é diversificar a produção e investir em outros plantios ainda que haja dificuldade de acesso a créditos bancários e programas de incentivo ao produtor de pequeno e médio porte (CONCEIÇÃO, 2011).

Se bem visualizada, a oportunidade está na expansão dos plantios clonais para sítios de diversas regiões e para outros níveis de produtores, incluindo os pequenos e médios. A nova demanda por biomassa florestal para essas áreas traz consigo a necessidade de se desenvolver materiais genéticos adaptados e encontra na faixa litorânea do Nordeste propriedades mais valorizadas comercialmente em função de

características como disponibilidade de recursos naturais, maior dinâmica produtiva e contiguidade com relevantes núcleos urbanos (MOTA *et al.*, 1999; PEZZOTI, 2021).

2.3 Melhoramento genético florestal

Com a expansão dos plantios de eucalipto no Brasil na década de 70 surgiram dificuldades quanto a saúde e qualidade das plantas, que envolviam cancro em monocultivo, heterogeneidade do material lenhoso, baixa sobrevivência e rendimento volumétrico. O crescimento destes plantios é fruto de investimentos em pesquisas e técnicas de multiplicação voltadas à produção de clones homogêneos, adaptados aos ambientes de implantação e com elevada produtividade. O resultado positivo que impulsiona o setor florestal viu o IMA do eucalipto no Brasil aumentar cerca de 10 m³/ha em 1970 para 35,3 m³/ha em 2019 (BRAINER, 2021; PEZZOTI, 2021).

Para Frigotto *et al.* (2020), o comportamento das espécies quando introduzidas em novos sítios é sempre incerto. Mesmo entre procedências dentro de uma mesma espécie é possível surgir variações genéticas resultantes do processo adaptativo das espécies às condições edafoclimáticas locais. Por isso, o sucesso ou insucesso do plantio é diretamente dependente da escolha da espécie e da sua região de procedência assim como da realização de testes que avaliam a capacidade do material de aclimação em cada local.

O melhoramento genético seleciona indivíduos com as melhores características fenotípicas em programas feitos em várias etapas de seleção e recombinação, de modo a garantir grande variação genética, seja em função da procedência do material genético ou ainda pela interação entre genótipo e ambiente (OLIVEIRA, 2016). Os programas florestais têm como principal objetivo alcançar altos índices de produção no que diz respeito ao volume sem que a qualidade da madeira seja dispensada, principalmente quando relacionado a resistência a doenças e pragas e outras injúrias ambientais (CASTANEDA *et al.*, 2013). Para o autor, a hibridação entre espécies distintas – ainda que do mesmo gênero – e sua posterior clonagem é a alternativa mais amplamente explorada para otimizar a produção florestal pois une diversas características desejáveis dos materiais originários.

Através da hibridação os pesquisadores buscam aproveitar o máximo da heterose provinda de diferentes cruzamentos. De forma intra ou interespecífica, a hibridação é selecionada em função do produto florestal que se deseja obter, tendo

no cruzamento interespecífico o interesse em complementar as características químicas e tecnológicas da madeira através do melhoramento do valor genético das populações (OLIVEIRA, 2016). De acordo com Oda, Menck e Vencovsky (1989), a produtividade das plantas se relaciona diretamente com o grau de heterozigosidade, podendo a heterose estar mais evidente em ambientes estressantes. A alta intensidade de seleção resulta em indivíduos altamente heterozigotos e desuniformes e, por essa razão, que a clonagem vem sendo desenvolvida através da hibridação (OLIVEIRA, 2016).

Ainda conforme o autor supracitado, a clonagem possibilita multiplicar indivíduos superiores em maior escala, desenvolvendo plantios uniformes e homogêneos nas características de interesse. É de suma frisar que a interação entre o genótipo e o ambiente deve ser rotineiramente acompanhada no melhoramento genético. Um material pode apresentar diferentes respostas de um local para outro no seu desempenho silvicultural e, com isso, o crescimento nos plantios comerciais de diferentes materiais clonais deve ser analisado de forma a subsidiar a escolha do material genético ideal para cada característica fenotípica do meio, a exemplo de fatores edafoclimáticos e topográficos.

Algumas variáveis dendrométricas podem elucidar a adaptação do material genético no campo como diâmetro a altura do peito, altura, volume e taxa de sobrevivência. Na avaliação clonal, o ganho de resultados significativos está relacionado a implantação dos materiais em condições ambientais que expressem a variação dos ambientes de plantio. Estes plantios-teste podem ocorrer em grande número de clones para análise precoce em parcelas pequenas como os testes que vem sendo realizados no litoral nordestino, por meio da instalação de parcelas para avaliação de clones selecionados em fases anteriores ou ainda em uma avaliação da performance comercial de um número reduzido de clones pré-selecionados (OLIVEIRA, 2016; XAVIER e SILVA, 2010). Em todos estes casos, o fato mais importante na indicação dos materiais para cada região é a consolidação das informações e o comprometimento com a síntese da interação clone x ambiente.

Neste caso, a seleção precoce é possível e extremamente importante, evidenciando com maior agilidade as características silviculturais que se correlacionam ao fim do ciclo. Os materiais com performances insatisfatórias são removidos do campo, enquanto aqueles materiais genéticos que expressam

caracteres desejáveis são rapidamente transferidos para a produção comercial, conforme descrito por Silva (2001).

O ciclo de seleção pode ser prolongado em detrimento da escolha da espécie a ser melhorada. Com isso, o desenvolvimento da silvicultura clonal reduziu o intervalo entre as gerações do melhoramento por meio da seleção precoce. Até em países como o Brasil, onde a idade de rotação de espécies perenes é menor, a seleção precoce já se mostra eficiente. Os melhoristas buscam reconhecer características de interesse das árvores em idade juvenil e predizer, com base nisso, o comportamento e desempenho da árvore adulta, sempre correlacionando às características de interesse econômico, principalmente as ligadas ao crescimento como diâmetro, altura e volume. A estimativa e predição de caracteres de interesse proporciona maior adaptação e rapidez na resposta diante a mudanças no setor florestal. A literatura aponta a idade em que a seleção precoce pode ser aplicada com maior eficiência, selecionando os clones com bom vigor de crescimento em idades juvenis e ainda que apresentam alta correlação genética com a idade de rotação. Para diversos autores, a repetibilidade dos caracteres de crescimento pode expressar alta magnitude. Por essa razão, a seleção precoce quando praticada entre 2 e 3 anos de idade manifesta alta correlação com a seleção feita entre 6 ou 7 anos (ARAÚJO, 2015; BARCELOS, 2019; BELTRAME *et al.*, 2012; MASSARO *et al.*, 2010).

2.3.1 Biomassa florestal para fins energéticos industriais

Nos últimos dez anos, a área mundial de floresta plantada teve um aumento de 31,9 milhões de hectares. O Brasil favoreceu o aumento destas áreas na América do Sul em 72,5%, o equivalente a 390 mil hectares anuais. Em um comparativo, a Ásia disparou o aumento em 73,1% com a participação da China (BRAINER, 2021). A área de florestas plantadas no Brasil somou 9,94 milhões de hectares em 2022, tendo o eucalipto o equivalente a 76% da área plantada do país, permanecendo como a espécie mais plantada em um total de 7,6 milhões de hectares. Com a biomassa obtida através do plantio, o setor de árvores cultivadas gera de forma sustentável 86% de toda energia que consome (IBÁ, 2023).

Segundo Cardoso (2012), a biomassa é toda matéria orgânica de origem animal ou vegetal que pode ser utilizada para fins energéticos. Constantemente associada a redução de impactos ambientais, a biomassa é considerada fonte de

energia limpa e renovável e ganhou espaço no mercado energético quando passou a ser considerada boa alternativa na diversificação da matriz energética mundial frente a discussões quanto a dependência pelo uso dos combustíveis fósseis.

De acordo com o autor, a biomassa pode ser classificada em três categorias: agrícola, florestal e rejeitos urbanos. Quando da categoria florestal, o que pôde ser visualizado foi a diminuição da pressão sobre florestas nativas com o melhoramento das técnicas de produção da madeira de reflorestamento. Não somente na forma de lenha, a biomassa florestal também possui aproveitamento energético quando em forma de resíduos como serragens, costaneiras e pontas de toras de tamanhos e densidades variáveis.

Devido à crise do petróleo na década de 70, as florestas energéticas passaram a produzir maior volume de biomassa voltado a produção de energia renovável. A necessidade de redução do uso de combustíveis fósseis devido ao preço e a visualização como um recurso limitado tornou países menos dependentes de exportadores e contribui diariamente na redução da emissão de gases poluentes prejudiciais à atmosfera (PEZZOTI, 2021).

Apesar da utilização da biomassa de madeira ser considerada uma prática sustentável, um fator importante para a sustentabilidade de seu uso energético é a contagem correta e total das emissões de gases do efeito estufa por toda extensão da cadeia de produção, incluindo as rotas de conversão utilizadas, conforme Vidal e Hora (2011). Com um olhar otimista, os autores acreditam que em 2030 a maior parte da biomassa consumida será advinda de resíduos florestais e agrícolas, grande parte vinda de culturas energéticas voltadas à produção de biocombustíveis. O que se pode esperar é um crescimento exponencial do uso da biomassa em biorrefinarias para usos em transporte, energia elétrica, calor, químicos e outros produtos produzidos por diferentes biomassas, tendo em vista o máximo aproveitamento dos insumos.

2.4 Oportunidades de expansão da produção de biomassa florestal no Estado de Sergipe

Resultado da vasta área plantada com eucalipto nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, a silvicultura intensiva no Nordeste se manteve pouco desenvolvida por anos. A incipiência e carência de dados quanto a silvicultura em Sergipe na década passada é tão expressiva que poucos são os dados sobre área plantada e produção

de lenha e madeira em tora. O cenário passou a mudar em 2014, quando essas informações começaram a ser quantificadas. A distância das principais unidades industriais, dos fornecedores e consumidores antes era visto como empecilho para a expansão da atividade. Hoje, com a escassez de áreas para plantio nas maiores regiões produtoras de biomassa florestal, a necessidade em expandir os horizontes da silvicultura está cada vez mais notória.

Em 2022, a área plantada com eucalipto no estado chegou a 6.171 hectares evidenciando um aumento pelo interesse no plantio, como pode ser visualizado na Figura 1. Se comparado com 2014, a área destinada a silvicultura em Sergipe era de 3.159 hectares, onde 3.129 hectares eram destinados ao plantio de eucalipto (IBGE, 2023).

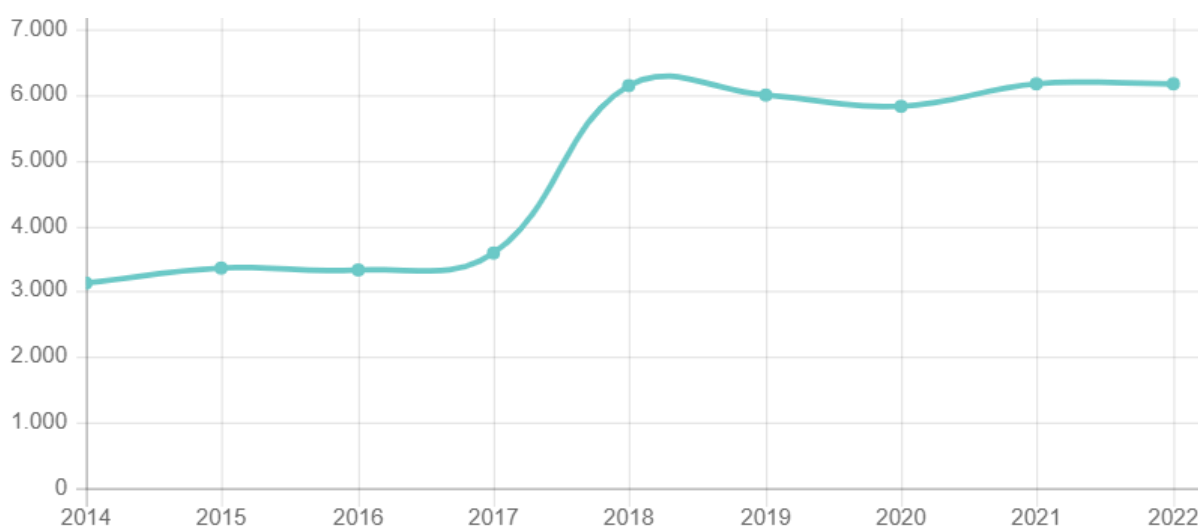


Figura 1 - Série histórica das áreas destinadas ao plantio de eucalipto em Sergipe.
Fonte: IBGE, 2023.

Se até a década de 90 a silvicultura clonal no Brasil estava concentrada nas mãos de empresas florestais detentoras de um maior nível de tecnologia em seus empreendimentos, nota-se na atualidade a expansão de plantios para outras áreas, incluindo pequenos e médios produtores. Conforme já discorrido anteriormente, a expansão dos plantios trouxe consigo a necessidade de desenvolver materiais genéticos adaptados às condições regionais e de conhecimento dos agricultores sobre a cultura (XAVIER e SILVA, 2010). Os autores acreditam que, com a expansão, haverá aumento na segurança ambiental e contribuição no desenvolvimento socioeconômico da população.

Em concordância com Castaneda *et al.*, (2013), as fronteiras de florestas plantadas vêm sendo expandidas diante da atual demanda e escassez de recursos naturais em Sergipe. Com o desenvolvimento da silvicultura clonal no Estado, as lacunas referentes à seleção clonal e seu desenvolvimento serão preenchidas, visando um futuro próximo a possibilidade de atender novas demandas a partir da madeira de eucalipto.

É por esta razão que se faz necessário testar e compreender a interação entre “genótipo x meio” e indicar materiais genéticos bem como seus tratos silviculturais para o Estado de Sergipe.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

A implantação do experimento surgiu da necessidade de avaliar o desenvolvimento de clones de *Eucalyptus* spp. de alta densidade destinados à produção de biomassa florestal para região litorânea do estado de Sergipe.

O experimento foi implantado na Fazenda Itália, localizada no município de Itaporanga d'Ajuda, leste sergipano, sob as coordenadas geográficas 11°05'38,52" e 37°18'17,54".

Das características regionais, o solo do local de implantação é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo associado a unidade geomorfológica (relevo) Tabuleiros Costeiros, que se desenvolve sobre o Grupo Barreiras (IBGE, 2023; IBGE, 2023; CPRM, 2001). O clima presente na faixa costeira de Sergipe segundo a classificação de Köppen-Geiger é do tipo As, classificado como tropical quente e úmido, com estação seca de verão de setembro a março e período chuvoso concentrado entre os meses de abril a agosto (CRISCUOLO, 2020; EMBRAPA, [2008]). A precipitação média anual da área do experimento é de 1.643 mm.

A localização e delimitação da área experimental foram feitas a partir do programa Qgis Versão 3.34.5 (Figura 2).

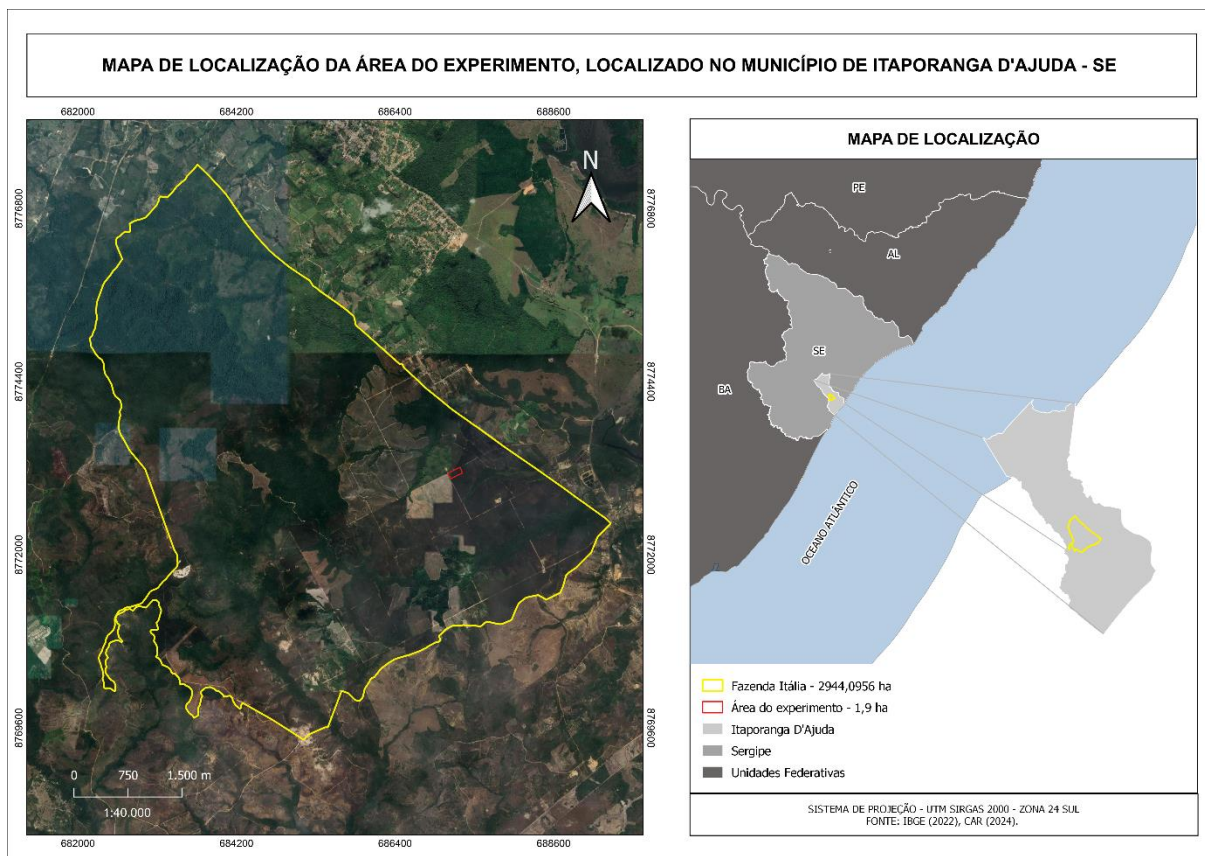


Figura 2 - Mapa representativo da localização da área de implantação do experimento, localizado no município de Itaporanga d'Ajuda, Sergipe.

3.2 Práticas silviculturais e implantação do teste clonal

Foi implantado um teste clonal composto por 15 clones de *Eucalyptus* spp. (Tabela 1), escolhidos com base no incremento médio anual (IMA) e na densidade de madeira, e para bordadura, foi implantada uma linha do clone I-144 ao redor do experimento obedecendo o mesmo espaçamento do experimento, 4 x 2,20 m.

Tabela 1 - Clones utilizados na implantação do teste clonal na Fazenda Itália, localizada em Itaporanga d'Ajuda, Sergipe.

Nº do Clone	ID do Clone	Espécie
1	PF01	<i>E. urophylla</i>
2	PF02	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
3	PF03	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
4	PF04	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
5	PF05	<i>E. urophylla</i>
6	PF06	<i>E. urophylla</i>
7	PF07	<i>E. urophylla</i>
8	PF08	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
9	PF09	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
10	PF10	<i>E. urophylla</i>
11	PF11	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>
12	PF12	<i>E. grandis</i>
13	PF13	<i>E. pellita</i> x <i>E. grandis</i>
14	PF14	<i>E. urophylla</i>
15	PF15	<i>E. urophylla</i>

A metodologia utilizada na implantação e distribuição dos clones na área experimental foi o delineamento em blocos casualizado (DBC) com 4 repetições, onde cada clone (tratamentos) é repetido de forma aleatória nos blocos formando parcelas quadrangulares (unidades amostrais), constituídas por 6 linhas e 6 árvores por linha, totalizando 36 árvores por parcela. Cada parcela útil, expressa na cor verde no croqui, foi composta por 16 árvores centrais (Figura 3).

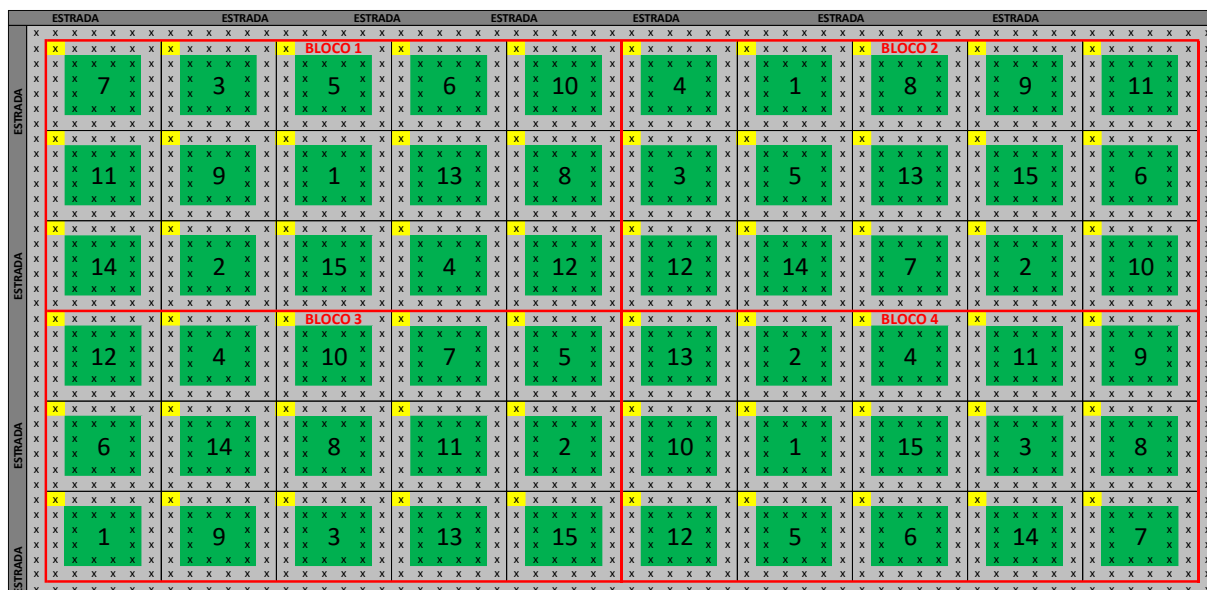


Figura 3 - Croqui do teste clonal implantado na Fazenda Itália, localizada no município de Itaporanga d'Ajuda, evidenciando a distribuição dos clones em cada bloco.

Antecedendo a implantação do experimento, com base na análise do solo, caracterizado como Argissolo Vermelho-Amarelo tb, foi realizada a correção do pH do solo utilizando 1.000 kg/ha⁻¹ de calcário calcítico.

A fim de romper a camada coesa e atenuar os efeitos da compactação no solo que impedem o desenvolvimento radicular, foi realizada a subsolagem à 90 cm de profundidade. A fosfatagem foi realizada utilizando 250 kg/ha⁻¹ de superfosfato simples na dosagem de 100g por metro linear, incorporando o fósforo, macronutriente importante ao desenvolvimento das plantas, através da gradagem no sulco resultado da subsolagem.

O plantio foi realizado de forma manual no espaçamento de 4 x 2,20m, ou seja, 8,8 m² planta⁻¹, totalizando 2.160 plantas (Figura 4). Cada clone foi identificado por uma estaca na cor amarela que apresenta o número do bloco à esquerda e número do clone ao centro. Os blocos foram numerados de 1 a 4, enquanto os clones foram numerados de 1 a 15.

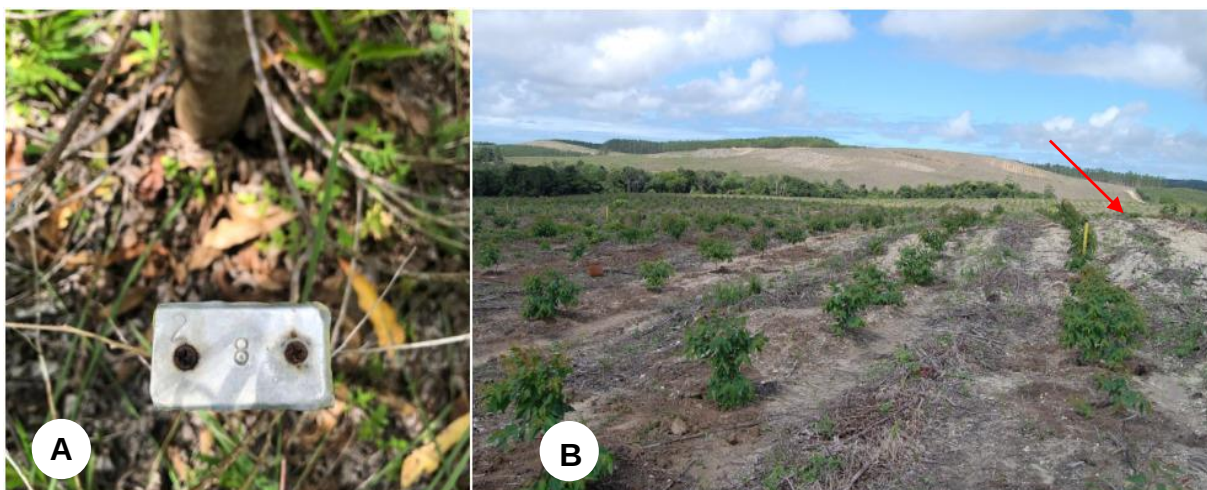


Figura 4 - Área do experimento após o plantio com destaque para a estaca sinalizadora, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe. A – Estaca sinalizadora do bloco e número do clone no experimento; B – Mudras de *Eucalyptus* spp. 60 dias após o plantio, com destaque para a estaca sinalizadora.

O controle do mato competição foi feito após o plantio utilizando o pré-emergente Sumyazin na dosagem de 150 mL/ha^{-1} .

Em um intervalo de trinta dias após o plantio foi realizada a adubação de base, aplicando 180 g por planta $^{-1}$ da formulação NPK 06-30-06 + (4%Ca+4%S+0,16%B+0,16%Cu+0,4%Mn+0,4%Zn). Noventa dias após o plantio foi realizada a primeira adubação de cobertura, aplicando 180 g por planta $^{-1}$ da formulação NPK 18-06-25 + (1%S+0,5%B+0,5%Zn). A segunda adubação de cobertura ocorreu aos 12 meses pós plantio, aplicando 180 g por planta $^{-1}$ da formulação NPK 20-00-20 + (0,5%B+0,5%Zn+0,5%Cu).

Quanto à manutenção do mato competição, foi aplicado na entrelinha o herbicida Crucial na dosagem de $2,0 \text{ L/ha}^{-1}$.

3.3 Avaliação do teste clonal

A primeira avaliação foi realizada em dezembro de 2023, ou seja, 18 meses após a implantação, analisando as plantas individualmente quanto às características quantitativas e qualitativas. Na avaliação quantitativa, as árvores foram mensuradas com auxílio de uma fita métrica quanto a circunferência à altura do peito (CAP) à $1,30 \text{ m}$ do solo, onde para as árvores bifurcadas (2 fustes) considerou-se o caule com maior circunferência, e a altura, medida com uso do hipsômetro manual, considerando o fuste de maior altura em caso de bifurcações.

A partir dos dados mensurados, através da planilha da Mata Florestal, as variáveis taxa de sobrevivência, coeficiente de variação, incremento médio anual (IMA) e a estimativa do volume de madeira foram calculadas. O fator de forma utilizado para os cálculos foi 0,5. O monitoramento das árvores ocorreu de forma frequente com a finalidade de avaliar possíveis anormalidades, a sobrevivência, a sanidade e ainda compreender os comportamentos dos materiais genéticos frente a perturbações e tratos silviculturais que ocorreram no talhão.

A avaliação qualitativa foi realizada através da avaliação visual das plantas das parcelas úteis, utilizando como critério as anormalidades bifurcação, deficiência nutricional, perda de dominância apical e tortuosidade.

A análise de variância (ANOVA) foi realizada através do software SISVAR enquanto as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação clonal quantitativa

4.1.1 Altura média

Pode-se perceber que a diferença significativa para a variável altura (m) entre os clones testados foi pouco acentuada (Tabela 2). Isso pode ser explicado pelo erro obtido de 0,15%, maior que 0,05 que a estatística da avaliação se dispôs a aceitar, não havendo, portanto, diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 2 - Média das alturas dos clones para o teste clonal aos 18 meses, Fazenda Itália, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe.

Nº do clone	ID do clone	Espécie	Altura (m)*
1	PF 01	<i>E. urophylla</i>	13,28 a
2	PF 02	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	9,89 b
3	PF 03	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	12,61 a
4	PF 04	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	11,01 b
5	PF 05	<i>E. urophylla</i>	11,42 b
6	PF 06	<i>E. urophylla</i>	11,50 b
7	PF 07	<i>E. urophylla</i>	11,07 b
8	PF 08	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	12,14 a
9	PF 09	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	13,38 a
10	PF 10	<i>E. urophylla</i>	12,99 a
11	PF 11	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	12,20 a
12	PF 12	<i>E. grandis</i>	10,62 b
13	PF 13	<i>E. pellita</i> x <i>E. grandis</i>	10,46 b
14	PF 14	<i>E. urophylla</i>	11,61 b
15	PF 15	<i>E. urophylla</i>	11,35 b

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Em Itaporanga d'Ajuda, os autores Castaneda *et al.*, (2013) avaliando aos 12 e 16 meses o crescimento de 3 clones de *Eucalyptus* spp. plantados em espaçamento de 3 x 2,5 metros, observaram resultados para altura média iguais a 5,78 m, 5,32 m e 4,59 m respectivamente, resultados inferiores quando comparados aos resultados apresentados neste trabalho. Os autores Drumond *et al.*, (1998) avaliaram o comportamento silvicultural de *Eucalyptus* spp. aos 12 meses na região dos Tabuleiros Costeiros sergipano, no mesmo município, e obtiveram resultados ínferos quando comparados aos resultados observados no teste clonal implantado na Fazenda Itália. Para eles, a média de altura encontrada para as procedências variou

entre 4,1 e 5,6 m, evidenciando o potencial de crescimento que os clones avaliados apresentam.

Massaro *et al.*, (2010), avaliando 30 clones em testes clonais de *Eucalyptus* spp. aos 25 meses, sob espaçamento de 3,0 x 3,0 m, também apresentaram resultados inferiores aos observados neste estudo. Para os autores, a média de altura nos dois testes clonais realizados varia entre 3,58 e 4,83 m.

No interior de São Paulo, Marcolino (2010) observou altura variando entre 18,95 a 21,55 m em clones de *Eucalyptus* spp. sob regime de espaçamento de 3,0 x 3,5 m, aos 4 anos de idade.

Martins *et al.*, (2009) observaram nas regiões de Itapeva e Votorantim, em São Paulo, em um povoamento de eucalipto sob espaçamento de 3,0 x 3,0 m, altura variando entre 22,10 e 31,6 m.

Por um lado, dentre os principais fatores ambientais determinantes da produtividade, o solo relaciona-se diretamente à média de crescimento clonal. Santos *et al.*, (2017) estudaram os efeitos da variabilidade edafoclimática no crescimento de clones de *Eucalyptus* spp. aos 12 meses de idade no nordeste baiano e revelaram o maior crescimento em altura nos plantios em Argissolo Amarelo. Portanto, em concordância com Reis *et al.*, (2014), o crescimento dos clones avaliados pode estar atrelado à responsividade do material genético às especificidades e variações sutis do microssítio, embora não tenham sido detectadas diferenças climáticas, de altitude e tipo de solo com nível de significância entre os quatro blocos avaliados neste trabalho.

Macedo *et al.*, (2006) discorrem que as diferenças entre alturas estão ligadas à capacidade genética de exploração do potencial produtivo do sítio e à sua plasticidade fenotípica. Embora no teste clonal implantando no litoral de Sergipe não haja diferenças significantes entre as alturas apresentadas e os resultados sejam preliminares (18 meses de idade), o comportamento descrito pelos autores pode ser tornar mais visível no decorrer dos anos.

4.1.2 Diâmetro das árvores à altura do peito (DAP)

Os clones PF01, PF03, PF08, PF09 e PF10 destacaram-se quanto ao crescimento em diâmetro à altura do peito (DAP). Dentre eles, o clone PF09 mostrou-

se superior na comparação entre médias, enquanto os demais citados apresentaram média inferior, mostrando-se estatisticamente diferentes (Tabela 3).

Tabela 3 - Média do diâmetro à altura do peito (DAP) dos clones no teste clonal aos 18 meses, Fazenda Itália, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe.

Nº do clone	ID do clone	Espécie	DAP (cm)*
1	PF 01	<i>E. urophylla</i>	9,42 b
2	PF 02	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	7,96 c
3	PF 03	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	9,24 b
4	PF 04	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	7,98 c
5	PF 05	<i>E. urophylla</i>	8,36 c
6	PF 06	<i>E. urophylla</i>	8,16 c
7	PF 07	<i>E. urophylla</i>	8,36 c
8	PF 08	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	9,22 b
9	PF 09	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	10,58 a
10	PF 10	<i>E. urophylla</i>	9,35 b
11	PF 11	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	8,72 c
12	PF 12	<i>E. grandis</i>	8,06 c
13	PF 13	<i>E. pellita</i> x <i>E. grandis</i>	7,57 c
14	PF 14	<i>E. urophylla</i>	8,81 c
15	PF 15	<i>E. urophylla</i>	8,74 c

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Castaneda *et al.*, (2013) encontraram médias de 4,45 cm, 5,73 cm e 3,41 cm para três clones de *Eucalyptus* spp. avaliados aos 20 meses de idade. Comparando as médias, o DAP médio encontrado pelos autores é inferior ao DAP médio obtido neste trabalho para a idade avaliada. Da mesma forma que o autor notou que os maiores diâmetros eram acompanhados das maiores alturas, fora notado também neste trabalho. O espaçamento de 3,0 x 2,5 m por eles utilizado pode ter influenciado no resultado da mesma forma que influenciou na variável altura, uma vez que estas variáveis são diretamente proporcionais.

Para Oliveira *et al.*, (2009), apesar do crescimento em diâmetro também ser responsivo ao espaçamento, nota-se controvérsia quanto a relação do espaçamento sobre a altura em fases iniciais do povoamento como esta. Segundo eles, existe uma dualidade de crescimentos onde há materiais genéticos que apresentam incremento em altura sob espaçamentos maiores e materiais genéticos que apresentam o oposto.

Os autores apresentaram um resultado próximo aos resultados apresentados, ainda que em situação distinta de implantação. Para um povoamento de *Eucalyptus* spp. aos 18 meses, sob um sistema agrossilvipastoril, os resultados foram de 7,87 cm em espaçamento de 3,33 x 3 m e 7,63 cm no espaçamento de 5 x 2 m.

Avaliando a variabilidade genética em dois testes clonais de *Eucalyptus* spp. em três idades diferentes, Massaro *et al.*, (2010) revelaram resultados que diferem dos resultados exibidos, reforçando o potencial produtivo dos materiais avaliados. Aos 25 meses, o DAP variou entre 4,99 e 5,17 cm, aos 50 meses a variação esteve entre 8,63 e 15,24 cm, enquanto para 72 meses a variação encontrada foi de 27,09 e 32,06 cm.

Em Tapes, no Rio Grande do Sul, Beltrame *et al.*, (2012) avaliaram o desempenho silvicultural e seleção precoce de clones híbridos de *Eucalyptus* spp. e observaram média de 12,89 cm aos três anos de idade.

Em Jaboticabal, São Paulo, Mazzuco (2021) revelou a média de 14,90 cm para o DAP de clones de *Eucalyptus* spp. aos 48 meses de idade, submetidos a espaçamento de 3,5 m.

No interior de São Paulo, na região de Mogi-Guaçu, Marcolino (2010) quantificou diâmetros (DAP) em clones de *Eucalyptus* spp. aos 4 anos de idade, sob espaçamento de 3 x 3,5 m, variando entre 12,97 a 14,34 cm. Segundo o autor, povoamentos com menor espaçamento (maior densidade populacional) tendem a apresentar árvores com menor diâmetro uma vez comparados a povoamentos com maior espaçamento. Quando a concorrência por espaço e recursos é menor, espera-se crescimento diamétrico acentuado.

Em Minas Gerais, Pereira *et al.*, (2000) em um estudo sobre as características de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil, sob espaçamento de 3,0 x 3,0 m, obtiveram resultados para a variável DAP aos 10,5 anos de 14,7 cm, 20,1 cm e 17,3 cm para as espécies *E. pellita*, *E. grandis* e *E. urophylla*, respectivamente.

Torna-se evidente a diferença de resultados entre testes desenvolvidos na região dos Tabuleiros Costeiros e demais regiões do Brasil. Nestas regiões, a prática silvicultural já é mais desenvolvida e conta com materiais selecionados e testados a nível de sítio e características de interesse à produção, diferente do cenário para Sergipe. Ainda que os resultados obtidos no teste clonal em Sergipe situem-se próximos aos resultados encontrados nestas regiões, cabe evidenciar a disparidade entre o crescimento e a diferença de idade entre os povoamentos. Ao final do ciclo de rotação aos 6 anos de idade, dado o desenvolvimento inicial dos materiais genéticos, espera-se obter um desenvolvimento superior a estes apresentados.

4.1.3 Volume médio de madeira

Dentre os clones avaliados, novamente o clone PF09 destaca-se por apresentar resultado mais satisfatório entre os demais para a variável volume (Tabela 4).

Tabela 4 - Média do volume por hectare no teste clonal aos 18 meses de idade, Fazenda Itália, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe.

Nº do clone	ID do clone	Espécie	Volume (m ³ /ha ⁻¹) *
1	PF 01	<i>E. urophylla</i>	53,33 b
2	PF 02	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	30,05 c
3	PF 03	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	48,52 b
4	PF 04	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	29,42 c
5	PF 05	<i>E. urophylla</i>	36,57 c
6	PF 06	<i>E. urophylla</i>	37,01 c
7	PF 07	<i>E. urophylla</i>	36,66 c
8	PF 08	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	47,45 b
9	PF 09	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	66,45 a
10	PF 10	<i>E. urophylla</i>	51,31 b
11	PF 11	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	44,62 b
12	PF 12	<i>E. grandis</i>	30,57 c
13	PF 13	<i>E. pellita</i> x <i>E. grandis</i>	28,44 c
14	PF 14	<i>E. urophylla</i>	41,28 c
15	PF 15	<i>E. urophylla</i>	39,43 c

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Os clones avaliados apresentaram médias superiores aos resultados obtidos por Castaneda *et al.*, (2013), que observaram em Itaporanga d'Ajuda, volumes de madeira para clones de *Eucalyptus* spp. aos 20 meses de idade variando entre 3,80 m³/ha⁻¹ a 14,13 m³/ha⁻¹, evidenciando a inferioridade destes resultados se comparados ao presente trabalho. Os autores detalharam um ataque de pragas tais como formigas cortadeiras e vespa da galha (*Leptocibe invasa*) e discorrem quanto à possibilidade de o menor desenvolvimento em volume estar associado a desfolha e ao bloqueio no fluxo da seiva causados por estes insetos.

Assim como esses autores, Sereghetti *et al.*, (2015) obtiveram uma média de volume muito inferior aos apresentados. O volume obtido foi de 4,05 m³/ha para híbridos de *Eucalyptus* spp. sujeitos a espaçamento de 4,0 x 2,0 m, implantados em São Paulo.

Na região costeira de Sergipe, os resultados obtidos por Drumond *et al.*, (1998) para eucalipto com 30 meses, em espaçamento de 3,0 x 3,0 m, foram 26,3 m³/ha⁻¹ para a espécie *E. grandis*, 25,5 m³/ha⁻¹, 25,1 m³/ha⁻¹, 33,3 m³/ha⁻¹ para a espécie *E.*

pellita, 32,2 m³/ha⁻¹, 30,2 m³/ha⁻¹, 20,4 m³/ha⁻¹, 22,4 m³/ha⁻¹ e 19,4 m³/ha⁻¹ para a espécie *E. urophylla*.

Apesar dos autores Oliveira *et al.*, (2009) não encontrarem diferença significativa no volume individual, a utilização de arranjos mais adensados contribuiu para o incremento da produtividade em volume, obtendo um volume de 18,75 m³/ha no espaçamento 3,33 x 2 m e 16,71 m³/ha no espaçamento 5 x 2 m, em plantio no noroeste de Minas Gerais.

Também em Minas Gerais, em clones de eucalipto aos 28 meses sob sistema silviagrícola, em espaçamento amplo de 10 x 4 m, Macedo *et al.*, (2006) obtiveram volumes que variam de 19,56 a 27,44 m³/ha.

Aos 12 meses de idade dois clones híbrido de *Eucalyptus* spp. foram avaliados por Moulin *et al.*, (2017) no estado do Espírito Santo, onde os autores obtiveram resultados de 16,88 m³/ha e 29,68 m³/ha sob espaçamento de 3,0 x 3,0 m.

É perceptível nos trabalhos utilizados para base comparativa, o teste de diversos espaçamentos no desenvolvimento do povoamento, muitos deles inferiores ao espaçamento utilizado neste trabalho. Em espaçamentos mais amplos a tendência é a ocorrência de maior incremento de volume individual em função da menor competição por recursos como água, nutrientes e luz e, como consequência, o alcance da produção de madeira de maior qualidade (MAZZUCO, 2021).

O autor obteve maior volume médio por árvore aos 48 meses quando utilizou um espaçamento de 3,5 m, o equivalente a 0,1740 m³/árvore. Porém, quando considerou a variável densidade populacional, percebeu que o espaçamento de 3,0 m proporcionou uma produtividade superior (176,6 m³/ha) quando comparado ao outro espaçamento (168,9 m³/ha) devido a sobrevivência completa das plantas, também maior no espaçamento de 3,0 m. Para ele, a manipulação do espaçamento é uma forma de simular o crescimento clonal, maximizando ou reduzindo a ocorrência de fatores estressantes que influenciam no crescimento, produtividade e sobrevivência durante o ciclo de produção.

Cabe ressaltar que no ano de 2023 a precipitação foi maior do que quando comparada a precipitação do ano de implantação do experimento, em 2022. Os valores em mm foram de 1.896 e 1.643, respectivamente. Estes valores influenciaram no crescimento dos clones avaliados, que apresentaram médias superiores aos resultados de outros autores para a variável em questão.

Em concordância com Santos *et al.*, (2017), o crescimento em volume se correlaciona com a precipitação quando a disponibilidade de água é alta. Desta forma, a redução da disponibilidade de água nos períodos iniciais afeta o crescimento, podendo ocasionar perdas na produção de madeira.

4.1.4 Coeficiente de variação

Do total de 15 clones implantados no experimento, 26,66% dos clones apresentaram coeficiente de variação elevado quando comparado aos demais (Figura 5). A interrelação entre as variáveis DAP (cm) e volume ($\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$) pode estar associada ao destaque negativo destes clones em função da maior diferença entre médias. Esses clones variaram em 34,90% (PF02), 35,25% (PF06), 38,82% (PF07) e 32,85% (PF08), respectivamente. Os demais clones apresentaram coeficiente de variação na classificação alta.

Segundo Garcia (1989), coeficientes de variação são considerados altos quando variam entre 20 e 30% ou muito altos quando apresentam variação acima de 30%. Neste trabalho, os clones apresentaram coeficiente de variação variando entre médio a muito alto, segundo a metodologia do autor.

Quanto aos destaques positivos, o clone PF01 apresentou o menor coeficiente de variação, o equivalente a 19,64%, ainda classificado como médio segundo Garcia (1989).

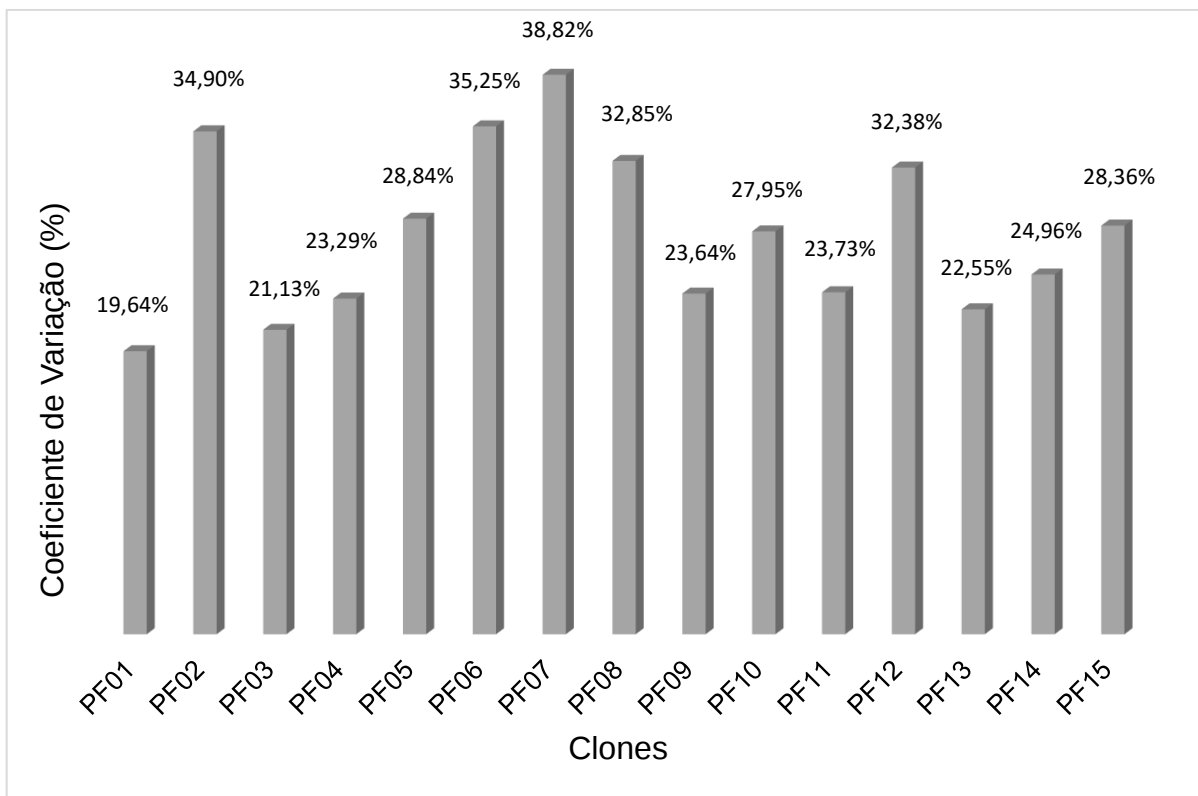


Figura 5 - Coeficiente de variação dos clones no que se refere ao volume ($\text{m}^3/\text{ha}^{-1}$) no teste clonal aos 18 meses de idade, Fazenda Itália, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe.

Para Castaneda *et al.*, (2013), o fato de o clone apresentar baixo coeficiente de variação reflete a alta homogeneidade do material genético.

4.1.5 Incremento Médio Anual (IMA)

O clone PF09 destacou-se entre os materiais genéticos avaliados, desta vez por apresentar um resultado mais satisfatório para a variável IMA ($\text{m}^3/\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$) (Tabela 5).

Considerando a produtividade média de eucalipto das empresas no Brasil igual a $32,7 \text{ m}^3/\text{ha}.\text{ano}$, com duração do ciclo oscilando entre 6 a 7 anos (IBÁ, 2023), constata-se que a produtividade média obtida nesse estudo ($27,04 \text{ m}^3/\text{ha}.\text{ano}$) para 18 meses foi considerada próxima para a idade avaliada.

Tabela 5 - Média dos incrementos médios anuais (IMA) dos clones aos 18 meses de idade, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe.

Nº do clone	ID do clone	Espécie	IMA (m ³ /ha ⁻¹ .ano ⁻¹)
1	PF 01	<i>E. urophylla</i>	34,82 b
2	PF 02	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	19,62 c
3	PF 03	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	31,68 b
4	PF 04	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	19,21 c
5	PF 05	<i>E. urophylla</i>	23,88 c
6	PF 06	<i>E. urophylla</i>	24,16 c
7	PF 07	<i>E. urophylla</i>	23,94 c
8	PF 08	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	30,98 b
9	PF 09	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	43,39 a
10	PF 10	<i>E. urophylla</i>	33,50 b
11	PF 11	<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	29,13 b
12	PF 12	<i>E. grandis</i>	19,96 c
13	PF 13	<i>E. pellita</i> x <i>E. grandis</i>	18,57 c
14	PF 14	<i>E. urophylla</i>	26,95 c
15	PF 15	<i>E. urophylla</i>	25,75 c

*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Na região litorânea de Sergipe, Rodrigues (2022) avaliando clones de *Eucalyptus* spp. aos 19 meses de idade, em regime de espaçamento de 4 x 2,20 m, revelou IMA variando entre 7,61 m³/ha⁻¹.ano⁻¹ e 21,25 m³/ha⁻¹.ano⁻¹, sendo os resultados inferiores aos resultados obtidos no teste clonal em Itaporanga d'Ajuda.

No mesmo ambiente litorâneo, Santos (2023) obteve resultados para IMA em clones de *Eucalyptus* spp. sob espaçamento de 4 x 2,20 m, aos 3 anos de idade, variando entre 29,38 m³/ha⁻¹.ano⁻¹ e 52,72 m³/ha⁻¹.ano⁻¹.

Aos 12 meses, Oliveira (2015) estudando o comportamento de clone de *Eucalyptus* spp., em espaçamento de 3,0 x 3,0 m, no sudoeste da Bahia, apresentou resultado para IMA médio igual a 20,1 m³/ha⁻¹.ano⁻¹.

No Polo Gesseiro do Araripe, em Pernambuco, Silva *et al.*, (2013) estudando 15 clones de *Eucalyptus* spp. aos 7,5 anos de idade, em espaçamento de 3,0 x 2,0 m, registrou IMA que variou entre 9,92 m³/ha⁻¹.ano⁻¹ a 29,68 m³/ha⁻¹.ano⁻¹, valores próximos aos encontrados em grande parte dos clones testados neste estudo. Ainda assim, é possível utilizar a idade de avaliação como base comparativa. O teste clonal realizado em Itaporanga d'Ajuda apresentou resultados equiparados aos resultados obtidos pelo autor, que avaliou clones com idade quase 5 vezes superior à idade do teste, sendo possível evidenciar a superioridade e produtividade dos clones testados.

Em Minas Gerais, os autores Santos *et al.*, (2012) obtiveram IMA para três clones de *Eucalyptus* spp. avaliados aos 6 anos de idade, sob espaçamento de 3,0 x

3,0 m, iguais a 43,40 m³/ha⁻¹.ano⁻¹, 39,18 m³/ha⁻¹.ano⁻¹ e 44,51 m³/ha⁻¹.ano⁻¹ para o município de Turmalina, e 31,95 m³/ha⁻¹.ano⁻¹, 39,07 m³/ha⁻¹.ano⁻¹ e 31,67 m³/ha⁻¹.ano⁻¹ para o município de Itacambira. Os resultados por eles apresentados são comparativos ao IMA dos clones PF01, PF03, PF08, PF09 e PF10, evidenciando o potencial produtivo, ainda que precoce, destes clones.

Para Nunes *et al.*, (2002), clones mais responsivos a fatores ambientais apresentam maior média e, conseqüentemente, clones menos responsivos apresentam menores médias para IMA (m³/ha⁻¹.ano⁻¹).

Apesar dos resultados apresentados, ainda não se pode concluir acerca da seleção clonal precoce pois conforme Araújo (2015), verifica-se alta correlação, principalmente quanto a repetibilidade dos caracteres, na seleção clonal realizada entre 2 e 3 anos com a seleção feita aos 6 ou 7 anos. As variáveis DAP e volume nos plantios aos 50 meses de idade conduzem a seleção precoce e indireta dos mesmos clones superiores aos 72 meses para a variável volume com eficiência de 100%. Desta forma, por esta se tratar de uma avaliação precoce, espera-se que o comportamento dos materiais genéticos a partir dos 2 anos de idade correlacione-se com o comportamento aos 6 anos. Com isso, os resultados apresentados nesta avaliação poderão apresentar alterações ao longo do ciclo de rotação, alterando a dinâmica atual de agrupamento das médias.

4.2 Avaliação clonal qualitativa

4.2.1 Taxa de sobrevivência das árvores

Diferente das variáveis quantitativas, os clones apresentaram um comportamento diferenciado quanto à taxa de sobrevivência.

Em todo o teste clonal a sobrevivência foi de 98,02%. Problemas relacionados à qualidade das mudas afetaram a sobrevivência de 19 mudas (7,91%) que não sobreviveram mesmo após o replantio. Dos clones avaliados, PF02, PF06, PF11, PF13 E PF14 apresentaram 100% de sobrevivência (Figura 6). Os clones PF01, PF03, PF05, PF07, PF08, PF09, PF10, PF12 e PF15 apresentaram resultados variando entre 95,35% e 98,45%. O único clone a apresentar resultado inferior a estes foi o PF04, que mostrou uma taxa de sobrevivência de 90,65%.

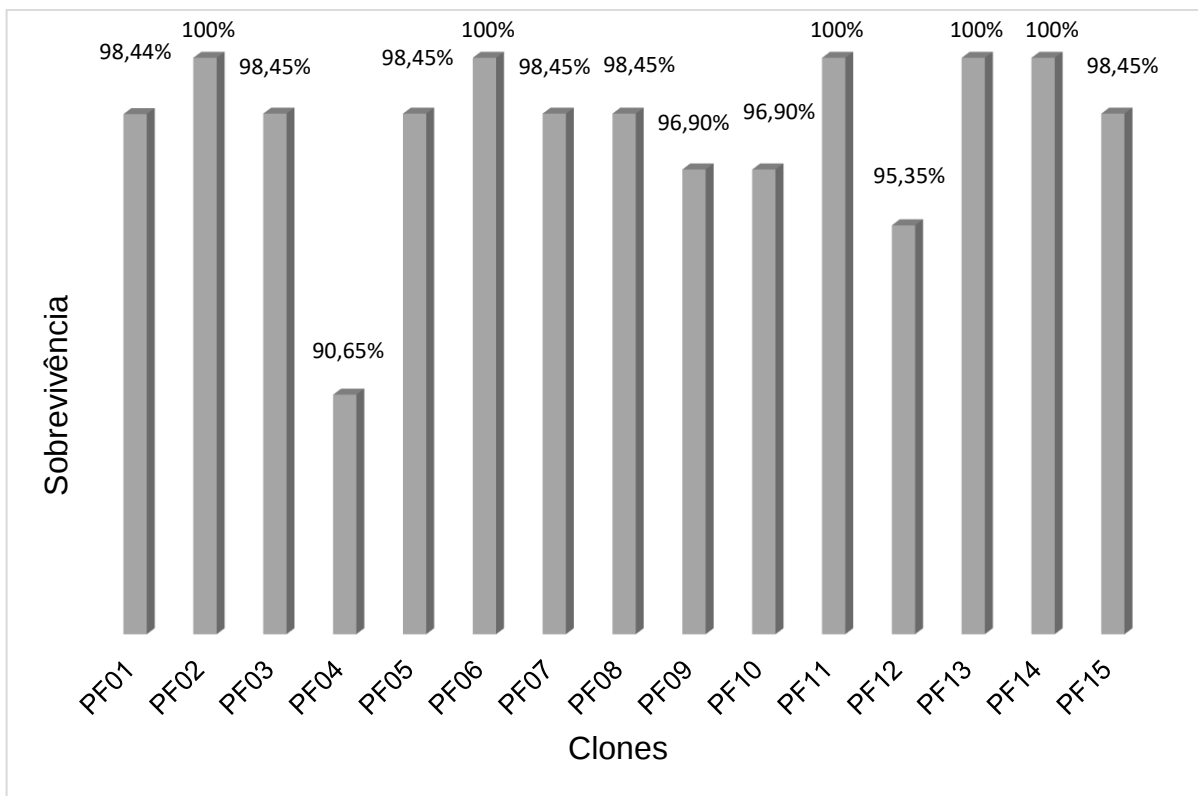


Figura 6 - Taxa de sobrevivência dos clones implantados aos 18 meses de idade, Fazenda Itália, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe.

Segundo Corrêa *et al.*, (2020), a pouca resposta de sobrevivência quando relacionada ao espaçamento do plantio ocorre, provavelmente, em função da qualidade do sítio. Neste caso, o solo e os tratamentos silviculturais da Fazenda Itália proporcionaram bom aporte ao desenvolvimento das árvores. Entretanto, se ao longo dos anos houver redução da taxa de sobrevivência, cabe analisar quanto a especificidade do sítio em áreas como fertilidade e reserva hídrica.

Os autores revelaram uma taxa de sobrevivência de 70% em um plantio de híbridos de *Eucalyptus* spp. aos 4,7 anos, sob regime de espaçamento de 3,0 x 3,0 m, em Goiás.

De acordo com Furlan (2018), o índice de mortalidade em plantios em solo argiloso é sempre mais baixo em relação às áreas onde o solo é arenoso, apontando a superioridade da qualidade do sítio no solo argiloso. Em seu estudo, avaliando testes clonais de *Eucalyptus* spp. no estado do Maranhão, a mortalidade em 2017 foi de 46,4% em áreas de solo argiloso contrastando com 49,3% para as áreas de solo arenoso.

O solo na Fazenda Itália, também argiloso, apresentou resultados superiores aos apresentados pelos autores subentendendo que não somente os tratos culturais como a escolha dos materiais genéticos para implantação foram assertivos.

4.2.2 Anormalidades qualitativas observadas

Na avaliação qualitativa realizada no teste clonal aos 18 meses de idade, os clones tiveram suas anormalidades abióticas e bióticas identificadas através de análise visual e quantificadas (Tabela 6).

Tabela 6 - Anormalidades bióticas e abióticas identificadas nos clones de *Eucalyptus* spp. com 18 meses de idade, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe.

ID do clone	Anormalidades por clone (%)						
	Bifurcação na base	Bifurcação (3-4m)	Tortuosidade na base	Tortuosidade (0,5-2m)	Tortuosidade (>5m)	Perda de dominância apical	Mortalidade
PF01	25,39		38,09	22,22	30,15		1,56
PF02	12,5	43,7	32,81		48,43		
PF03	6,34	3,17	41,26		46,03		1,56
PF04	17,24	1,72	63,79		39,65		9,37
PF05		7,93	38,09		22,22		1,56
PF06	15,62		59,37		23,43	1,56	
PF07	6,34		74,6	1,58	15,87		1,56
PF08	4,76		19,04		39,68	7,93	1,56
PF09	8,06	8,06	48,38		37,09		3,12
PF10	6,45	6,45	35,48		22,58		3,12
PF11	21,87	3,12	29,68		10,93	1,56	
PF12	8,19	1,63	1,63		14,75		4,68
PF13	3,12	3,12	34,37		35,93	51,56	
PF14		17,18	25		39,06		
PF15		3,17	44,44		26,98		1,56

Na avaliação qualitativa precoce, destacou-se de forma positiva o clone PF09 por apresentar mais homogeneidade entre as anormalidades avaliadas se comparado aos demais clones (Figura 7). A tortuosidade das árvores foi observada em blocos distintos, contribuindo para a variação qualitativa.



Figura 7 - Vista geral do clone PF09, material genético que mais se destacou nas avaliações quantitativa e qualitativa, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe.

Independente do clone, no estágio inicial de desenvolvimento das mudas, foi detectado a presença de lesões foliares causadas por *Xanthomonas* sp. (Figura 8). A incidência da bactéria pode ter sido ocorrida durante o processo de produção das mudas. Cabe salientar que até o momento da instalação do teste clonal, não havia sido detectado a bactéria em campo no estado de Sergipe.



Figura 8 - Mancha foliar causada por *Xanthomonas* sp. observada no clone PF09, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe.

Quanto à bifurcação na base das árvores, os clones PF01 e PF11 destacaram-se de forma negativa para a anormalidade observada (Figura 9).



Figura 9 - Bifurcação na base das árvores observada no teste clonal, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe. A - Clone PF01; B - Clone PF11.

Vale salientar que se notou em alguns clones a remoção do galho lateral basal por parte dos operadores de campo de forma a facilitar a passagem das máquinas e otimizar a aplicação de herbicidas. O critério de escolha para remoção foi o fato de a galhada estar menos desenvolvida e não ser considerada bifurcação.

As árvores do clone PF02, apresentaram 43,7% de bifurcação entre 3 a 4 metros de altura, como pode ser visualizado na Figura 10. A bifurcação entre 3 a 4 metros de altura dos demais clones não ultrapassou 20% em relação a esta variável.

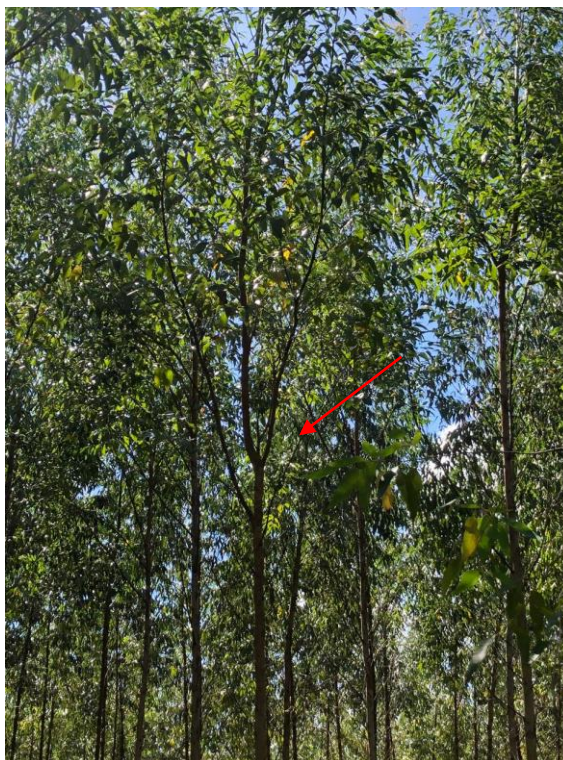


Figura 10 - Bifurcação das árvores entre 3 e 4 metros de altura observada no clone PF02, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe.

É oportuno enfatizar a utilização da motosserra no sistema de corte das plantas na Fazenda Itália. Por isso, as bifurcações apresentadas nos clones não são relevantes a nível de colheita. No entanto, essa anormalidade pode ter influenciado nas variáveis volume (m^3/ha) e IMA ($\text{m}^3/\text{ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$), reduzindo de forma sutil os resultados obtidos.

Com relação a tortuosidade basal, os clones PF04, PF06 E PF07 destacaram-se negativamente por apresentar uma tortuosidade acentuada com taxas de 63,79%, 59,37% e 74,6% respectivamente (Figura 11 e 12). Muitas árvores apresentaram leve tortuosidade na base aos 18 meses e isso pode ser explicado pelo método de produção das mudas no viveiro. Quando não for acentuada, a tortuosidade tende a diminuir ou desaparecer conforme o desenvolvimento da planta.



Figura 11 - Tortuosidade na base das árvores observada no teste clonal, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe. A - Vista geral do clone PF04, com destaque para tortuosidade; B - Árvore tortuosa.



Figura 12 - Tortuosidade na base das árvores observada no teste clonal, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe. A - Vista geral do clone PF06; B - Árvore tortuosa.

Somente dois clones apresentaram tortuosidade entre 0,5 e 2 m e são eles: clone PF01 (22,22%) e PF07 (1,58%) (Figura 13).

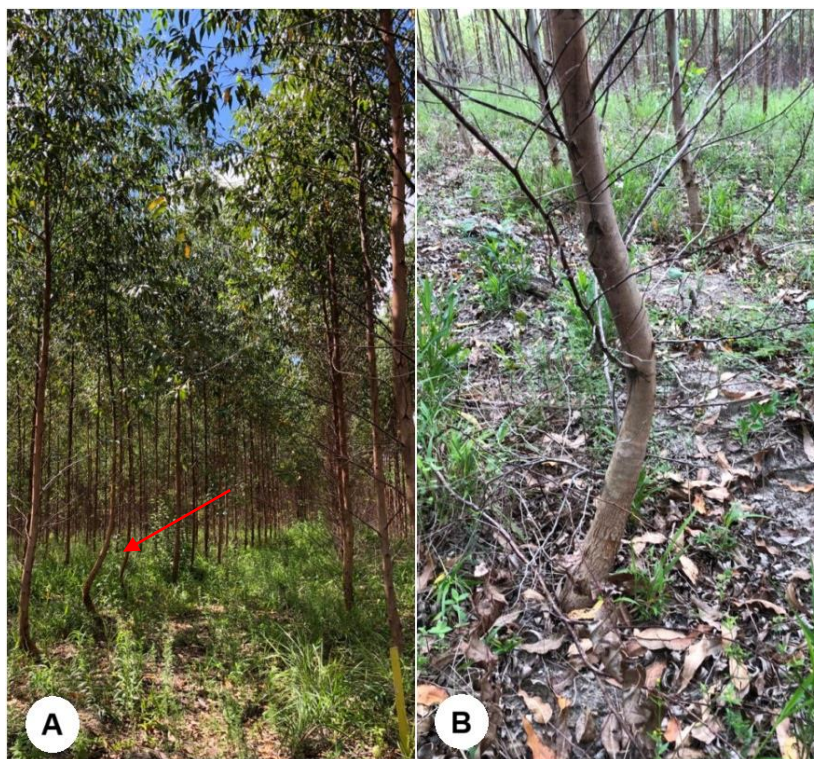


Figura 13 - Tortuosidade das árvores entre 0,5 e 2 metros de altura observada no teste clonal, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe. A - Vista geral do clone PF07, com destaque para tortuosidade; B - Árvore tortuosa.

Os clones apresentaram algum grau de tortuosidade acima de 5 m de altura. O clone PF02 teve 48,42% das árvores avaliadas com tortuosidade. Essa tortuosidade provavelmente pode ter ocorrido em função da qualidade da muda ou perda de dominância apical no início do desenvolvimento.

A forma reta do fuste pode comprometer o aproveitamento do volume total das toras, colheita e carregamento da madeira, influenciando sua resistência mecânica e a dinâmica de empilhamento para o transporte (NISGOSKI, 2016). Transportar madeira tortuosa implica em transportar menos metros cúbicos em detrimento dos espaços vazios não preenchidos. Quando a utilização da madeira é energia, a metragem transportada irá refletir diretamente na produtividade da fábrica ou indústria.

A perda de dominância apical foi percebida nos clones PF06 (1,56%), PF08 (7,93%), PF11 (1,56%) e de forma mais acentuada no PF13 (51,56%) (Figura 14). Em função do ocorrido, todos os clones apresentaram bifurcação do fuste como consequência.

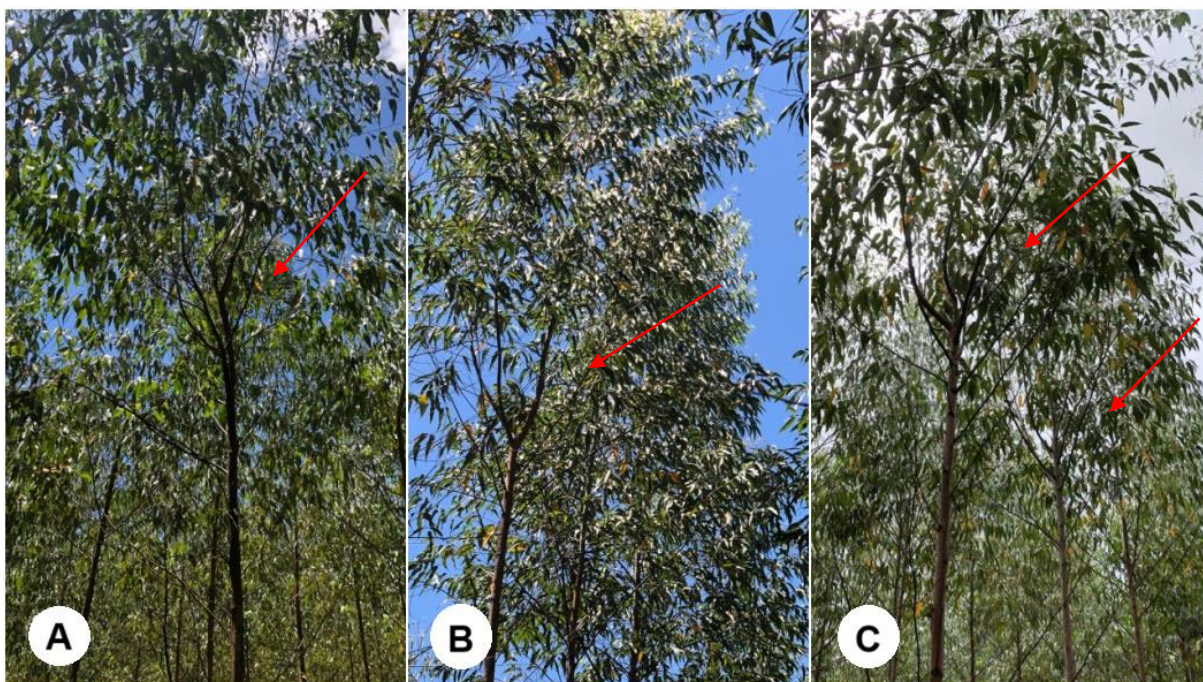


Figura 14 - Perda de dominância apical das árvores observada no teste clonal, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe. A - Clone PF06; B - Clone PF08 e C - Clone PF13.

O clone PF07 apresentou no momento da avaliação deficiência nutricional em magnésio, mesmo após a segunda adubação de cobertura (Figura 15). Foi observado aos seis meses de idade sintomas de deficiência nutricional, especialmente de magnésio e fósforo em 12 dos 15 clones, exceto os clones PF02, PF04 e PF13. Normalmente os plantios de eucaliptos realizados nos solos da Fazenda Itália, Itaporanga d'Ajuda, quando na fase inicial, apresentam algum grau de deficiência nutricional de magnésio, provavelmente pela tradição de se utilizar calcário calcítico e não o calcário dolomítico.



Figura 15 - Deficiência nutricional em magnésio das árvores observada nas folhas do clone PF07, Itaporanga d'Ajuda, Sergipe.

Para Furlan (2018), o crescimento de um povoamento florestal resulta de processos fisiológicos condicionados por fatores biológicos (variabilidade genética, densidade do povoamento, competição entre plantas e a intensidade de pragas e doenças) e ambientais (clima, fisiografia e solo). Quando os fatores climáticos e fisiográficos, principais determinantes ambientais, se mantêm constantes, o solo passa a ser o principal fator do ambiente físico relacionado ao crescimento da planta. Desta forma, a avaliação dos níveis nutricionais através da análise de solo se faz importante para entender alguns comportamentos da interação “genótipo x ambiente”, cabendo maior atenção às áreas do experimento onde o cascalho é mais aparente no solo e ainda compreender se houve correlação positiva ou negativa entre o desenvolvimento da planta e a área citada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O clone PF09 foi superior para as variáveis quantitativas avaliadas aos 18 meses, apresentando as melhores médias.

Os clones PF01, PF03, PF08, PF10 e PF11 também apresentaram resultados satisfatórios nas avaliações. Por se tratar de uma avaliação precoce, ressalta-se que os materiais genéticos podem se comportar de maneira diferente durante o ciclo de rotação. Ainda assim, torna-se visível o potencial energético dos clones citados.

A interação clones x ambiente, ainda que de forma incipiente, foi evidente, mostrando a consistência dos materiais em relação às condições edafoclimáticas da região litorânea do estado de Sergipe.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, M. C. **Estratégias de melhoramento de *Eucalyptus pellita* F. Muell a partir da distância genética.** 2020. 75 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas. Botucatu, 2020.
- ARAÚJO, M. J. de. **Número mínimo de repetições, de plantas por parcela e de avaliações e seleção precoce em testes clonais de eucalipto.** 2015. 52 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2015.
- ARAÚJO, M. J. de, *et al.* Número de repetições, de plantas por parcela e de avaliações para testes clonais de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.10, p.923-931, out. 2015
- BARCELOS, D. C. **Manejo e produção florestal.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 224 p., 2019.
- BELTRAME, R. *et al.* Desempenho silvicultural e seleção precoce de clones de híbridos de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 791-796, 2012.
- BRAINER, M. S. de C. P. Silvicultura. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 6, n.154, fev.2021. (Caderno Setorial ETENE)
- BRAGA, G. C. M. *et al.* **Avaliação do potencial de regeneração de raízes em sete clones de eucalipto.** In: OLIVEIRA, R. J. de (Org.). Engenharia florestal [recurso eletrônico]: desafios, limites e potencialidade. vol. 1. Guarujá, SP: Editora Científica Digital, 2020. p. 180-194. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/artigos/avaliacao-do-potencial-de-regeneracao-de-raizes-em-sete-clones-de-eucalipto>. Acesso em: 04 abr. 2024.
- CARDOSO, B. M. **Uso da Biomassa como Alternativa Energética.** 2012. 94 p. Projeto de Graduação – UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Elétrica. Rio de Janeiro, 2012.
- CASTANEDA, D. A. F. G. *et al.* Avaliação de crescimento de um plantio experimental com 3 clones de eucalipto (*Eucalyptus*) em Sergipe. **Scientia Plena**, [S. l.], v. 8, n. 4(b), 2013. Disponível em: <https://scientiaplena.org.br/sp/article/view/1437>. Acesso em: 4 abr. 2024.
- CONCEIÇÃO, A. L. A expansão do agronegócio no campo de Sergipe. **Revista GeoNordeste**, n. 2, p. 1-16, 2011.
- CORRÊA, R. S. *et al.* Espaçamentos de plantio promovem produção distinta em híbrido de eucalipto. **Advances Forestry Science**, Cuiabá, v. 7, n. 3, p. 1073-1079, 2020.
- CRISCUOLO, A. R. de S. A. **Permeabilidade da matriz para aves em plantação de Eucalipto (*Corymbia citriodora*) Itaporanga D'Ajuda, Sergipe.** 2020. 63 f.

Monografia (graduação em Ecologia) – Departamento de Ecologia, Centro de Ciência Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2020.

D'ALMEIDA, G. S. **Caracterização da família de fatores de transcrição Dof de *Eucalyptus grandis***. 2014. 67 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) – Programa de Pós-Graduação em Biologia Celular, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

DRUMOND, M.A. *et al.* Comportamento silvicultural de espécies e procedências de *Eucalyptus* na região dos Tabuleiros Costeiros do estado de Sergipe. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.22, n.1, p. 137-142, 1998.

Clima. **EMBRAPA**, [2008]. Disponível em: <<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>. Acesso em: 01 de abr. de 2024.

Estudo aponta queda na produção de cana-de-açúcar em Sergipe. **Estação Agrícola**, Aracaju: TV Sergipe, 8 de outubro de 2023. Programa de TV.

Eucalipto: matéria-prima essencial no desenvolvimento do Brasil. **Blog Klabin**, 07 de novembro de 2023. Disponível em: <<https://blog.klabin.com.br/-/eucalipto>>. Acesso em: 09 de abr. de 2024.

Eucalyptus grandis. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Projeto TUME, 2013. Disponível em: <<http://www.tume.esalq.usp.br/grandis.htm>>. Acesso em: 23 mar. 2024.

FLORES, T. B. *et al.* **Eucalyptus no Brasil**: zoneamento climático e guia para identificação. Piracicaba: IPEF, 2016.

FRIGOTTO, T. *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. de A. **Seleção de clones de eucalipto para tolerância à seca no nordeste do Brasil**. 2018. 97 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas. Botucatu, 2018.

GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. IPEF, Piracicaba. 1989. 10p. (Circular Técnica 171).

IBÁ (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES). **Relatório IBÁ 2023**. Ano-base 2022. 91p.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Geomorfologia**. Base de Dados Espacial escala 1:250.000, no recorte milionésimo. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **MAPA DE SOLOS DO BRASIL**. Escala 1:5.000.000. 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção da Extração Vegetal e Silvicultura 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

LUZ, H. de F. **Comparação de progênies de populações naturais e raças locais de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake**. 1997. 191 p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 1997.

MACEDO, R. L. G. *et al.* DESEMPENHO SILVICULTURAL DE CLONES DE EUCALIPTO E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DE MILHO CULTIVADOS EM SISTEMA SILVIAGRÍCOLA. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.701-709, 2006.

MARCOLINO, L. **Crescimento de clones de eucalipto em quatro espaçamentos de plantio no interior de São Paulo**. 2010. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2010.

MARTINS, R. J. *et al.* Avaliação técnica e econômica de um harvester trabalhando em diferentes condições de espaçamento e arranjo de plantio em povoamento de eucalipto. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 83, p. 253-263, 2009.

MASSARO, R. A. M., *et al.* Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, v. 20, p. 597-609, 2010.

MAZZUCO, M. A. G. **Desempenho de clones de eucalipto em diferentes espaçamentos de plantio**. 2021. 34 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado – Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Jaboticabal, 2021.

MOTA, D. M. da, *et al.* Estrutura fundiária dos tabuleiros costeiros e baixada litorânea de Sergipe: 1970/1985: evolução e fatores condicionantes. **Revista Agrotrópica**, v. 11, n. 2, p. 57-62, 1999.

MOULIN, J. C. *et al.* Efeito do espaçamento, idade e irrigação no volume e densidade básica do eucalipto. **Floresta e Ambiente**. Seropédica, v. 24, p. 1-10, 2017.

NISGOSKI, S. **Anatomia da Madeira**. Paraná, p. 1-61, 2016. (Apostila).

NUNES, G. H. de S. *et al.* Implicações da interação genótipos X ambientes na seleção de clones de eucalipto. **Cerne**, v. 8, n. 1, p. 49-58, 2002.

ODA, S.; MENCK, A. L. M.; VENCOVSKY, R. Problemas no melhoramento genético clássico do eucalipto em função da alta intensidade de seleção. **IPEF**, n.41/42, p.8-17, jan./dez.1989.

OLIVEIRA, A. C. **Avaliação do crescimento de clones de *Eucalyptus* spp. em duas regiões do estado de Mato Grosso**. 2016. 46f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá, MT, 2016.

OLIVEIRA, L. F. de. **Comportamento de Clones de Eucalipto à Seca dos Ponteiros Laterais**. 2020. 27 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba, 2020.

OLIVEIRA, R. M. Espaçamento e adubação na produtividade de *Eucalyptus* no Sudoeste da Bahia. 2015. 55 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, BA, 2015

OLIVEIRA, T. K. de *et al.* Desempenho Silvicultural e Produtivo de Eucalipto sob Diferentes Arranjos Espaciais em Sistema Agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.60, p.01-09, dez. 2009. Edição Especial.

PEREIRA, J. C. D. *et al.* **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38).

PEZZOTI, J. M. **Sobrevivência, crescimento e produtividade de clones de Eucalyptus em área de transição entre Zona da Mata e o Agreste seco do estado de Pernambuco**. 2021. 75 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2021.

REIS, C. A. F. *et al.* Avaliação de clones de eucalipto em Ponta Porã, Mato Grosso do Sul. **Pesquisa florestal brasileira**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 263-269, out./dez. 2014.

REIS, C. A. F. *et al.* Avaliação de teste clonal de eucaliptos multiespécies em Mato Grosso do Sul. In: 7º CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2013, Uberlândia. Variedade melhorada: a força da nossa agricultura: **Anais...** Viçosa, MG: SBMP, 2013.

RODRIGUES, K. S. Potencial e comportamento inicial de materiais genéticos de eucalipto de alta densidade para o litoral do estado de Sergipe. 2022. 47 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, SE, 2022.

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

SANTOS, A. C. A. *et al.* Influência da variabilidade edafoclimática no crescimento de clones de eucalipto no Nordeste baiano. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 91, p. 259-268, 2017.

SANTOS, L. C. *et al.* Propriedades da madeira e estimativas de massa, carbono e energia de clones de *Eucalyptus* plantados em diferentes locais. **Revista Árvore**, v. 36, p. 971-980, 2012.

SANTOS, L. S. R. dos. Seleção de clones de eucalipto de alta densidade para os Tabuleiros Costeiros do estado de Sergipe. 2023. 41 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, SE, 2023.

SCANAVACA JUNIOR, L. **Caracterização silvicultural, botânica e tecnológica do *Eucalyptus urophylla* ST Blake e de seu potencial para utilização em serraria.** 2001. 108 p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.

SEREGHETTI, G. C. *et al.* Efeito do espaçamento no crescimento e na densidade básica da madeira de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em florestas de ciclo curto. **Energia na Agricultura**, v. 30, n. 3, p. 257-262, 2015.

SILVA, J. A. A. da, *et al.* Produtividade volumétrica de clones de *Eucalyptus* spp. no Polo Gesseiro Do Araripe, Pernambuco. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, Recife, v. 10, p. 240–260, 2013.

SILVA, R. L. da. **Influência do tamanho da parcela experimental em testes clonais de eucalipto.** 2001. 78 p. Tese (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2001.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB). Geologia do Estado de Sergipe. Escala 1:250.000. 2014.

SILVA, I. K. dos S.; ALVES, J. S. P.; SÁ, R. de A. Um olhar sobre a estrutura fundiária na atualidade: a concentração fundiária em Sergipe. **Revista Cerrados**, v. 14, n. 02, p. 202–229, 2016. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/cerrados/article/view/1381>. Acesso em: 23 mar. 2024.

SOUSA, J. A. de, *et al.* **Desempenho inicial de clones de eucalipto no litoral do Estado do Ceará.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p. 1-35, 2023.

VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. da. **Perspectivas do setor de biomassa de madeira para a geração de energia.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 33, p. 261-314, mar. 2011.

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