

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

GUSTAVO JORDA DA SILVA RODRIGUES

**EFEITO DA BORDADURA NO CRESCIMENTO DIAMÉTRICO EM
POVOAMENTO DE *Eucalyptus urograndis*, NO ESTADO DE ALAGOAS**

RIO LARGO - AL

2025

GUSTAVO JORDA DA SILVA RODRIGUES

**EFEITO DA BORDADURA NO CRESCIMENTO DIAMÉTRICO EM
POVOAMENTO DE *Eucalyptus urograndis*, NO ESTADO DE ALAGOAS**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC,
apresentado a Universidade Federal de Alagoas
– UFAL, *Campus* de Engenharias e Ciências
Agrárias – CECA, como requisito para
obtenção do Título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Pagel Floriano

RIO LARGO – AL

2025

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

R696e Rodrigues, Gustavo Jorda da Silva

Efeito da bordadura no crescimento diamétrico em povoamento de *Eucalyptus urograndis*, no estado de Alagoas. / Gustavo Jorda da Silva Rodrigues. – 2025.

35 f.: il.

Orientador(a): Eduardo Pagel Floriano.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) – Graduação em Engenharia Florestal, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2025.

Inclui bibliografia

1. Modelagem florestal. 2. Incremento diametral. 3. Povoamento florestal. I. Título.

CDU: 630*3

Folha de Aprovação

Gustavo Jorda Da Silva Rodrigues

Efeito da bordadura no crescimento diamétrico em povoamento de *Eucalyptus urograndis*, no estado de alagoas

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, apresentado a Universidade Federal de Alagoas – UFAL, *Campus* de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA, como requisito para obtenção do Título de Engenheiro Florestal.

Data de Aprovação: 24/10/2025

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente



EDUARDO PAGEL FLORIANO

Data: 27/10/2025 08:52:13-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Pagel Floriano
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA

Documento assinado digitalmente



MARILIA FREITAS DE VASCONCELOS MELO

Data: 27/10/2025 11:49:57-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Examinador: Prof(a). Dr(a). Marília Freitas de Vasconcelos Melo
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA

Documento assinado digitalmente



HUGO HENRIQUE COSTA DO NASCIMENTO

Data: 27/10/2025 17:07:42-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Examinador: Prof. Dr. Hugo Henrique Costa do Nascimento
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – CECA

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, pela força, saúde e sabedoria ao longo dessa caminhada.

À minha mãe, Nadjia Maria, professora, batalhadora e dedicada à família. Meu grande exemplo de vida, sempre investiu na minha educação, sendo uma grande companheira em todos os momentos.

Ao meu pai, Gilberto Rodrigues, que mesmo distante sempre se fez presente com palavras de incentivo, apoio e confiança, sendo parte essencial da minha trajetória.

Às minhas irmãs, Nayara Norrany e Nayanne Narla, pela presença constante, pelos conselhos e orientações, e por me ensinarem, de tantas formas, a viver e enfrentar os desafios da vida.

Ao meu orientador, Eduardo Pagel Floriano, pela paciência, orientação e dedicação durante toda a realização deste trabalho. Sou profundamente grato por todo o conhecimento compartilhado, pelos incentivos constantes e pela presença em cada etapa desta jornada.

À minha namorada Vitória Mayara, pelo amor, compreensão e apoio em todos os momentos, por estar ao meu lado durante essa caminhada, celebrando cada conquista e me dando forças para seguir em frente nos dias mais difíceis.

À Universidade Federal de Alagoas – UFAL, pelo ambiente de aprendizado e crescimento acadêmico e pessoal, fornecendo recursos necessários para minha formação.

Aos amigos pelo companheirismo, incentivo e apoio em todos os momentos, especialmente durante as coletas de campo, nas atividades em sala de aula e nos trabalhos de laboratório. Ter vocês ao meu lado tornaram essa trajetória mais leve, divertida e significativa.

Somos o que fazemos repetidamente. Excelência, portanto, não é um ato, mas um hábito.

Will Durant

RESUMO

O crescimento de árvores em povoamentos florestais pode ser influenciado por fatores como a posição espacial, especialmente em relação à bordadura, que altera a disponibilidade de luz, água e nutrientes, afetando diretamente o incremento diamétrico. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da bordadura no crescimento diamétrico de clones de *Eucalyptus urograndis* com 72 meses de idade, cultivados em área experimental de 0,8 ha no *Campus* de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, em Rio Largo – AL. O plantio foi estabelecido em espaçamento de 3×2 m, contendo três clones (TP361, I144 e VE41). Foram instaladas 12 parcelas lineares, cada uma composta por sete árvores distribuídas a diferentes distâncias da borda (0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 m). Os indivíduos foram mensurados quanto ao diâmetro (d), obtido a partir da circunferência medida com fita métrica, e quanto à altura total (h), medida com hipsômetro digital. O conjunto de 84 árvores foi submetido à análise estatística no *software SAS OnDemand for Academics*, com seleção de variáveis pelo método *Stepwise* e aplicação de regressões lineares com diferentes transformações matemáticas. Três *outliers* identificados pelo gráfico *Box-Plot* foram eliminados da base de dados. Os resultados da análise de variância (ANAVA) evidenciaram efeito significativo da bordadura sobre o crescimento diamétrico ($p = 0,0010$), sendo que árvores localizadas na primeira linha de plantio (0 m) apresentaram os maiores diâmetros, enquanto as da segunda linha (3 m) foram as mais afetadas negativamente, em razão da competição tanto da borda quanto do interior do talhão. A partir de 9 m de distância, o crescimento estabilizou, demonstrando que a influência da borda se restringe às fileiras mais externas. A equação de regressão final ajustada apresentou R^2 de 0,9376 e coeficiente de variação de 26,25%, sendo considerada adequada para estimar o diâmetro em função da distância da borda. Conclui-se que o efeito de bordadura deve ser considerado em inventários, modelagem de crescimento e planejamento de povoamentos e experimentos florestais, especialmente em talhões pequenos, nos quais a proporção de árvores afetadas pelas bordas é mais expressiva.

Palavras-chave: modelagem florestal; incremento diametral; povoamento florestal.

ABSTRACT

Tree growth in forest stands can be influenced by spatial factors, especially edge position, which alters the availability of light, water, and nutrients, directly affecting diameter increment. This study aimed to evaluate the edge effect on diameter growth of *Eucalyptus urograndis* clones at 72 months of age, cultivated in an experimental area of 0.8 ha at the Engineering and Agricultural Sciences Campus of the Federal University of Alagoas, in Rio Largo – AL, Brazil. The stand was established at a 3×2 m spacing, containing three clones (TP361, I144, and VE41). Twelve linear plots were installed, each composed of seven trees distributed at different distances from the edge (0, 3, 6, 9, 12, 15, and 18 m). Trees were measured for diameter at breast height (DBH), obtained from circumference with a measuring tape, and for total height using a digital hypsometer. A total of 84 trees were analyzed using the SAS OnDemand for Academics software, with variable selection by the *Stepwise* method and linear regressions with different mathematical transformations. Three *outliers* identified by a Box-Plot graph were removed from the dataset. Analysis of variance (ANAVA) showed a significant edge effect on diameter growth ($p = 0.0010$), with trees located in the first planting row (0 m) presenting the largest DBH values, while those in the second row (3 m) were the most negatively affected due to competition from both the edge and the stand interior. From 9 m onwards, growth stabilized, demonstrating that the edge effect is restricted to the outer rows. The final adjusted regression equation presented an R^2 of 0.9376 and a coefficient of variation of 26.25%, being considered suitable to estimate tree diameter as a function of edge distance. It is concluded that the edge effect must be considered in inventories, growth modeling, forest stand, and experiments planning, especially in small plots, where the proportion of trees affected by edges is more significant.

Keyword: forest modeling; diameter increment; Forest settlement.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Unidade amostral da plantação de <i>Eucalyptus</i> da Universidade Federal de Alagoas – CECA	20
FIGURA 2 – Identificação de <i>outliers</i> pelo gráfico <i>Box-Plot</i> , de um povoamento de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 72 meses de idade em Rio Largo, AL	23
FIGURA 3 – Teste de Tukey (5%) para os diâmetros em relação a distância da bordadura de um povoamento de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 72 meses de idade em Rio Largo, AL	24
FIGURA 4 – Efeito da bordadura sobre o diâmetro das árvores, de um povoamento de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 72 meses de idade em Rio Largo, AL	27
FIGURA 5 – Resíduos da equação selecionada como melhor	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição dos clones por parcela	21
Tabela 2 – Médias das variáveis estudadas de um povoamento de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 72 meses de idade em Rio Largo, AL	23
Tabela 3 – Análise da variância dos diâmetros de <i>Eucalyptus</i> aos 72 meses de idade em Rio Largo, AL	24
Tabela 4 – Correlação de Pearson entre as variáveis estudadas de um povoamento de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 72 meses de idade em Rio Largo, AL	25
Tabela 5 – Correlação de Spearman entre as variáveis diâmetro e clone estudadas, de um povoamento de <i>Eucalyptus urograndis</i> aos 72 meses de idade em Rio Largo, AL	25
Tabela 6 – Resultados da análise de regressão para $d=f(\text{BORDA})$ das árvores de um povoamento de <i>Eucalyptus urograndis</i> com 72 meses de idade em Rio Largo, AL	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AL - Alagoas

As – Tipo climático na classificação de Köppen

CECA – Campus de Engenharias e Ciências Agrárias

cm – Centímetros

CV – Coeficiente de Variação

d – Diâmetro à 1,3 m do solo

FIV – Fator de Inflação de Variância

ha – Hectare

h – Altura total

IBÁ – Indústria Brasileira de Árvores

m – Metros

p / prob – Probabilidade

PR > F – Probabilidade do valor de F (teste estatístico)

SNIF - Sistema Nacional de Informações Florestais

UFAL – Universidade Federal de Alagoas

LISTA DE SÍMBOLOS

c – Circunferência à altura do peito

d – Diâmetro

r – Coeficiente de correlação

R² – Coeficiente de determinação

R²aj – Coeficiente de determinação ajustado

R²parcial – Coeficiente de determinação parcial

SQres – Soma de Quadrados do Resíduo

SQtot – Soma de Quadrados do Total

Syx – Erro padrão das estimativas

X – Distância da borda (m)

Ym – Média dos valores da variável dependente Y

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	15
1.1.1	Objetivo geral	15
1.1.2	Objetivos específicos	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1	Eucalipto	16
2.2	Diâmetro	17
2.3	Modelagem	17
2.4	Bordadura	18
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1	Caracterização da Área	20
3.2	Amostragem e Coleta de Dados	20
3.3	Análise de dados	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

A silvicultura de eucalipto tem se consolidado como uma atividade de grande relevância econômica, ambiental e social no Brasil, sendo uma das principais cadeias produtivas do setor florestal. Segundo a Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (2024), o país ultrapassou 10,2 milhões de hectares de área plantada para fins industriais, dos quais cerca de 76% correspondem ao eucalipto, evidenciando a centralidade dessa cultura no cenário florestal nacional.

No Estado de Alagoas, a silvicultura de eucalipto tem se expandido como alternativa econômica e ambientalmente sustentável, especialmente em áreas antes ocupadas pela cana-de-açúcar. A substituição gradual de monocultivos agrícolas tradicionais por florestas plantadas tem contribuído para a diversificação produtiva, geração de empregos e recuperação de áreas degradadas.

O país destaca-se globalmente em produtividade, o que se deve, em parte, à alta adaptabilidade e ao rápido crescimento da espécie, além dos investimentos contínuos em pesquisa e tecnologia (FLORIANO, 2024a). Dessa forma, o avanço tecnológico aliado ao aprimoramento genético tem possibilitado o aumento da eficiência dos plantios, contribuindo para o fortalecimento do setor florestal brasileiro.

Uma das decisões de manejo mais cruciais é o espaçamento de plantio, que impacta diretamente a competição por recursos como luz, água e nutrientes, e, consequentemente, o crescimento individual e a produtividade total do povoamento (FERREIRA et al. 2014). Assim, compreender como diferentes arranjos espaciais influenciam o crescimento das árvores é essencial para o manejo adequado e o alcance de maiores produtividades.

O crescimento das árvores pode ser classificado como natural ou florestal, conforme a concorrência entre indivíduos. Em baixa competição, tendem a apresentar troncos cônicos e galhos grossos; já em ambientes adensados, desenvolvem fustes mais cilíndricos e copas reduzidas devido à perda de ramos laterais e ao alongamento em busca de luz (CEMIG, FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS, 2011). Essas diferenças estruturais evidenciam a influência direta das condições de competição sobre o desenvolvimento das árvores.

Nesse contexto, compreender os fatores que determinam a taxa de crescimento das florestas é fundamental para o manejo florestal. O conhecimento da taxa de crescimento de uma floresta é uma informação fundamental para o manejo florestal. Para entender essa dinâmica, é preciso analisar os fatores que atuam em escala individual, como a competição. A competição pode ser definida como o nível de interferência que uma árvore sofre de suas vizinhas, resultando em uma disputa por recursos como luz, água e nutrientes (ORSO et al. 2024).

A modelagem florestal é uma ferramenta essencial para compreender o crescimento das árvores e dos povoamentos. De acordo com Floriano (2024b) a modelagem de árvores concentra-se na análise e descrição de características morfométricas ou de seu crescimento. Por meio dessa abordagem, torna-se possível avaliar como fatores como a posição no povoamento, especialmente nas bordaduras, podem influenciar diretamente o crescimento diamétrico das árvores.

Não foram encontrados trabalhos científicos a cerca da influência da bordadura sobre o crescimento das árvores, exceto como referência geral da existência deste tipo de efeito. Embora este efeito possa ter influência sobre os resultados de experimentos florestais, trata-se de um aspecto que ainda não foi devidamente estudado. Diante dessa lacuna científica, torna-se necessário investigar com maior rigor o papel da bordadura nos povoamentos florestais homogêneos.

A investigação foi orientada pela hipótese de que indivíduos localizados próximos às bordas apresentam padrões de crescimento distintos em comparação aos situados no interior do povoamento. Ao reconhecer essa influência, é possível propor ajustes metodológicos que tornem as estimativas mais realistas e o manejo mais eficiente.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O presente trabalho teve como objetivo verificar a influência da bordadura sobre o crescimento de clones de *Eucalyptus urograndis* em Rio Largo, AL, aos 72 meses de idade.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar a correlação existente entre o crescimento em diâmetro e altura, em relação à distância da borda dos talhões;
- Ajustar modelos matemáticos para estimar o crescimento diamétrico em função da distância da bordadura;
- Determinar a faixa de influência da bordadura no crescimento diamétrico;
- Discutir as implicações do efeito de bordadura para o manejo e a modelagem de povoamentos florestais homogêneos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Eucalipto

Originário da Austrália, tasmânia e outras ilhas da Oceania (KLABIN, 2024), o gênero *Eucalyptus* sp., pertence à família *Myrtaceae* e compreende outros 130 gêneros. Segundo Penteado Jr. et al. (2019) existem mais de 730 espécies, porém somente cerca de 20 são atualmente utilizadas com fins comerciais em todo o mundo, sendo o *Eucalyptus grandis* uma das mais cultivadas no Brasil.

De acordo com Vital (2007) as plantações de eucalipto estão presentes nas mais diversas regiões do mundo, localizadas em diferentes altitudes, diferentes tipos de solo, sob diferentes regimes pluviométricos.

O Brasil se posiciona na segunda década do século XXI, como um dos mais importantes produtores de recursos madeireiros de florestas plantadas (RODRIGUES et al., 2021). No Brasil 93,9% da produção florestal vem de florestas plantadas para o setor industrial e 83,0% para uso combustível em comparação às florestas naturais (SNIF, 2024).

O setor brasileiro de árvores cultivadas é um vetor estratégico de crescimento econômico e sustentabilidade, sendo uma referência mundial em bioeconomia de larga escala (IBÁ, 2025). A cadeia produtiva de florestas plantadas demonstrou um crescimento de 10,4% em 2024, superando o crescimento de 3,4% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil (IBÁ, 2025).

A silvicultura comercial no Brasil baseia-se predominantemente em espécies de *Eucalyptus* devido à sua alta produtividade e boa adaptação às diversas condições ambientais do país (Silva, 2014). Esta adaptabilidade do clone *Eucalyptus urograndis*, aliada ao rápido crescimento (Vera, 2023), torna o híbrido uma excelente opção para estudos de crescimento diamétrico em função de posicionamento espacial das árvores (como o efeito da bordadura) em sítios como os do Estado de Alagoas.

Em Alagoas, o setor florestal tem sido apontado como uma alternativa promissora para diversificação econômica e enfrentamento de crises regionais. Estudos destacam que fatores como a queda da agropecuária decorrente da crise do setor alcooleiro, a alta produtividade florestal em determinadas regiões e a recente implantação de florestas de eucalipto voltadas à produção de energia e painéis representam novas oportunidades para o Estado (Floriano, 2018).

Em 2024, a área total destinada ao plantio de árvores para fins industriais no Brasil alcançou 10,52 milhões de hectares. Deste total, o eucalipto é a principal cultura florestal, com

8,1 milhões de hectares plantados. O estado de Alagoas (AL) teve 17.535 hectares de área cultivada com árvores em 2024 (IBÁ, 2025).

2.2 Diâmetro

O diâmetro à 1,3 m de altura (d), medido a 1,30 m do solo, é amplamente utilizado em inventários florestais por sua praticidade, confiabilidade e por servir de base para diversos cálculos dendrométricos (ALVES et al., 2022). Além disso, as medições de variáveis como diâmetro e altura são fundamentais para estimativas de volume, biomassa e carbono, constituindo variáveis essenciais na modelagem do crescimento e da produção florestal.

A análise do crescimento permite entender o potencial produtivo florestal de uma área específica e apoia a tomada de decisões em aspectos biológicos e econômicos da produção (MARANGON et al., 2024). Esse tipo de análise auxilia na compreensão das interações ecológicas dentro do povoamento e permite ajustes de manejo voltados à maximização do rendimento volumétrico e da estabilidade estrutural da floresta.

O crescimento diamétrico é um dos principais indicadores de produtividade em povoamentos florestais, pois reflete diretamente a interação entre fatores genéticos, condições ambientais e práticas de manejo. É um fator fortemente influenciado pela densidade do povoamento, sendo sensível às alterações causadas por desbastes. A altura dominante é uma variável dendrométrica crucial utilizada para estimar indiretamente a produtividade florestal de um local. A altura dominante é um indicador que se vê pouco afetado pela densidade de plantação (AVENDAÑO et al., 2024).

Dessa forma, a variação diamétrica dentro de uma população permite inferir padrões de competição e orientar decisões silviculturais.

2.3 Modelagem

Os modelos florestais podem ser classificados conforme o objeto de estudo (árvores individuais ou povoamentos), a finalidade (descrição ou otimização) e o tempo (situação atual ou preditivos) (FLORIANO, 2024c).

Existem diversos modelos de crescimento, lineares e não lineares, que podem se ajustar a diferentes situações. A escolha do melhor modelo, contudo, não é tarefa simples, sendo geralmente avaliada pelo coeficiente de determinação (R^2), que indica o ajustamento, e pelo quadrado médio dos resíduos (QMres), que estima o afastamento dos dados em relação ao modelo (FLORIANO et al., 2006).

Para que um modelo seja considerado adequado sob critérios qualitativos, é necessário que ele apresente capacidade explicativa suficiente. Isso significa que suas premissas devem ser coerentes e compatíveis com os resultados observados, além de refletirem uma relação teórica plausível para o fenômeno estudado. Assim, espera-se que o modelo vá além de simplesmente descrever os dados; ele deve ser interpretável, fazer sentido no contexto analisado e permitir compreensão clara de sua lógica. (FLORIANO et al., 2006).

Os principais critérios quantitativos desejados em um modelo, de acordo com Floriano et al. (2006), são descritos a seguir:

a) Não deve apresentar falseabilidade, ou seja, deve descrever todos os indivíduos da população. Um modelo é tanto mais falseável quanto maior o número de indivíduos da população que não consegue descrever; isso pode ser avaliado pela distribuição dos resíduos em um gráfico;

b) Deve ajustar-se perfeitamente aos dados. A qualidade do ajustamento pode ser medida pelas estatísticas: soma de quadrados do erro (SQres), quadrado médio do erro (QMres), erro-padrão estimativa (Syx), coeficiente de determinação ou proporção da variância explicada em relação à variação total (R^2), podendo ser obtidos pelo procedimento PROC REG do SAS;

c) Não deve ser complexo. A complexidade de um modelo é definida por meio de, pelo menos, duas dimensões, o número de parâmetros e a forma funcional do modelo; quanto menor o número de parâmetros, quanto menos cálculos envolve e quanto menor sua complexidade geométrica, menor a sua complexidade geral e melhor o modelo é considerado, desde que se adapte aos dados e à população estudada;

d) Deve ser generalizável. A generalidade de um modelo é entendida como a capacidade do modelo em descrever não só os dados da amostra, mas de toda a população ao longo do período de tempo considerado e este é considerado o principal critério para a seleção de modelos – modelos simples, que não se distorcem, possuindo poucas variáveis independentes, com alto R^2 e baixo CV, com resíduos bem distribuídos, tendem a ser generalizáveis para a população de origem.

2.4 Bordadura

O efeito de bordadura, juntamente com falhas no plantio, tratos culturais inadequados e problemas na condução do experimento, está entre os principais fatores que reduzem a uniformidade em ensaios de campo (SILVA; SOUZA; MONTENEGRO, 1990). No caso do

eucalipto, essa perda de precisão pode ser intensificada pela variabilidade genética das plantas e pela heterogeneidade do solo, somadas às dificuldades de controle das condições de cultivo.

A elevação do coeficiente de variação, a redução da confiabilidade dos dados e o aumento da variabilidade experimental podem estar associados às diferenças de crescimento entre plantas da borda e do centro da parcela, conhecido como área útil. Esse fenômeno está associado ao efeito de bordadura (FERNANDES; SILVA, 1994).

Os mesmos autores descrevem que o efeito de bordadura pode ocorrer de duas maneiras: de forma lateral, quando há contraste entre tratamentos ou presença de áreas ainda não cultivadas, ou na extremidade, em função de espaços de borda que permanecem sem plantio dentro da parcela (FERNANDES; SILVA, 1994).

Diante da escassez de estudos específicos sobre o efeito de bordadura em povoamentos de eucalipto, pode-se recorrer a resultados obtidos em outras culturas. Em experimentos conduzidos com milho, Fernandes e Silva (1994) verificaram que, mesmo havendo diferenças no hábito de crescimento entre as cultivares avaliadas, a bordadura não exerceu influência significativa sobre características como produtividade e morfologia.

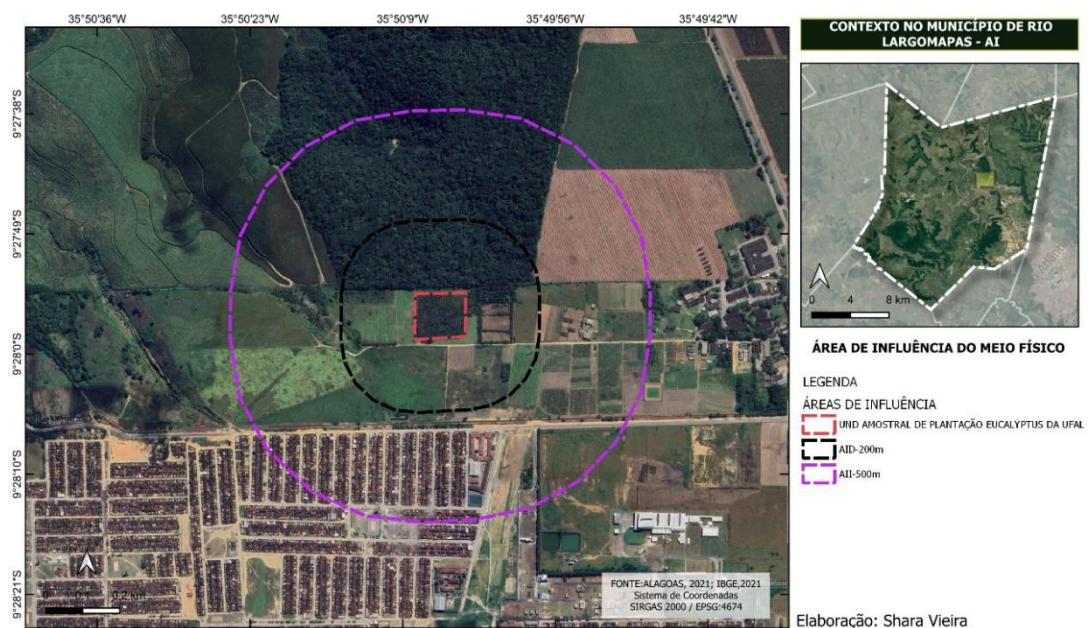
Em estudos com a cultura do feijão, constatou-se que a presença de bordadura é fundamental para aumentar a precisão experimental e garantir maior confiabilidade dos resultados (COSTA; ZIMMERMANN, 1998). Já em trabalhos realizados com *Urochloa ruziziensis*, Dias et al. (2014) observaram que não houve distinção significativa entre plantas da borda e da área útil, sugerindo que, nessa espécie, a bordadura não exerce papel determinante na qualidade dos dados obtidos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área

As atividades foram desenvolvidas na área experimental da Universidade Federal de Alagoas, no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias – UFAL/CECA, localizada (Figura 1) no município de Rio Largo, AL (9°28'S, 35°49'W, 127 m).

Figura 1- Unidade experimental da plantação de *Eucalyptus* da Universidade Federal de Alagoas – CECA



Fonte: Alagoas, IBGE 2021.

A região ambiental é parte da Zona da Mata do estado de Alagoas. O clima dessa região segundo a classificação climática de *Köppen* é tropical litorâneo úmido (As), tropical com verões secos e invernos chuvosos, com temperatura média anual de 25,3°C e precipitação anual de 1441 mm (CRUZ et al., 2010).

Com área total de aproximadamente 0,8 hectares, o referido plantio de eucalipto foi implantado em 2017 pelo Curso de Engenharia Florestal da UFAL/CECA, ao lado de um fragmento de floresta nativa. Os solos são do tipo Latossolo Amarelo Distrocoeso Argissólico com textura média a argilosa e declividade inferior a 2% (ALMEIDA et al., 2008).

3.2 Amostragem e coleta de dados

O experimento de campo foi conduzido em uma área cultivada com clones de eucalipto, oriundos do híbrido *Eucalyptus urograndis*, resultado do cruzamento entre *Eucalyptus grandis*

e *Eucalyptus urophylla*. As medições foram realizadas no mês de setembro, o povoamento apresentava idade de 72 meses na época da mensuração. O espaçamento de plantio é de 3×2 metros (correspondente a densidade populacional de 1.667 árvores por hectare) e 3 clones, Clone 1 = I144, Clone 2 = VE41 e Clone 3 = TP361.

Foram demarcadas 12 parcelas lineares, sendo ortogonais à borda do povoamento; cada parcela experimental foi composta por 7 árvores distantes 3 metros entre si (doze linhas de plantas com sete árvores por linha). Nas parcelas foram anotados o clone e as distâncias da bordadura (0, 3, 6, 9, 12, 15, e 18 metros) e as árvores tiveram as suas circunferências (c) a 1,3 m de altura medidos com fita métrica e posteriormente convertidas em diâmetro (d) e alturas totais (h) das árvores foram medidas com hipsômetro laser.

A distribuição dos clones nas parcelas foi conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição dos clones por parcela

Parcela	Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Clone	Código	TP361	TP361	TP361	I144	I144	I144	I144	I144	VE41	VE41	VE41	VE41
	Nº	3	3	3	1	1	1	1	1	2	2	2	2

Fonte: elaborado pelo autor (2025)

3.1 Análise de dados

O processamento dos dados foi realizado com o *SAS OnDemand for Academics*. As falhas de plantio foram excluídas das parcelas. Foi calculada a correlação de Pearson entre a distância da bordadura, o clone, o diâmetro e a altura das árvores para identificar as correlações significativas e montar os modelos para estimar a variável dependente.

A modelagem do diâmetro (variável dependente, Y) foi realizada com a distância da bordadura (variável independente, X), com as seguintes transformações: X^2 ; X^3 ; X^4 ; X^5 ; $1/X$; $1/X^2$; $1/X^3$; $1/X^4$; $1/X^5$; $\ln(X)$; $\ln(X^2)$; $\ln(X^3)$; $\ln(X^4)$; $\ln(X^5)$; $\ln(1/X)$; $\ln(1/X^2)$; $\ln(1/X^3)$; $\ln(1/X^4)$; $\ln(1/X^5)$; $X^{(1/2)}$; $X^{(1/3)}$; $X^{(1/4)}$; $X^{(1/5)}$.

A seleção das variáveis independentes foi realizada com o método *Stepwise*, calculando-se o Fator de Inflação de Variáveis (FIV) para posterior manutenção no modelo final somente as variáveis de maior R^2 parcial, significativas pelo teste “t” e que não implicassem em um FIV maior do que 10.

A qualidade das equações foi determinada pelo Coeficiente de Determinação (R^2) e Coeficiente de Variação (CV%) conforme Draper & Smith (1998). Obtidos com as seguintes fórmulas:

$$Eq_1. R^2 = 1 - \left(\frac{SQ_{res}}{SQ_{Tot}} \right)$$

Onde: R^2 = Coeficiente de Determinação; SQ_{res} = Soma de Quadrados do Resíduo; SQ_{Tot} = Soma de Quadrados do Total.

$$Eq_2. CV\% = 100 \times \frac{Syx}{Y_m}$$

Onde: $CV\%$ = Coeficiente de Variação em percentagem; Syx = Erro Padrão de Estimativas; Y_m = média dos valores da variável dependente Y .

A seleção de variáveis independentes (preditoras) foi realizada com o uso do R^2 parcial e do Fator de Inflação de Variância (FIV), calculados como segue:

$$Eq_3. R^2_{parcial_i} = \frac{(R^2 - R^2_{Do\ modelo\ reduzido})}{(1 - R^2_{do\ modelo\ reduzido})}$$

Onde: $R^2_{parcial_i}$ é o Coeficiente de Determinação parcial da variável considerada "i"; R^2 = Coeficiente de Determinação do modelo completo; R^2 do modelo reduzido = R^2 obtido para o modelo completo, excluindo-se a variável de interesse "i".

O procedimento para se obter R^2 parciais para várias variáveis preditoras é o seguinte: iniciar com um modelo simples, sem variáveis preditoras; adicionar uma variável preditora ao modelo a cada passo; após adicionar a nova preditora, calcula-se o novo R^2 e subtrai-se o R^2 do passo anterior; a diferença é o R^2 parcial da nova preditora "i" adicionada ao modelo, calculados por:

$$Eq_4. FIV_i = \frac{1}{(1 - R^2_{parcial_i})}$$

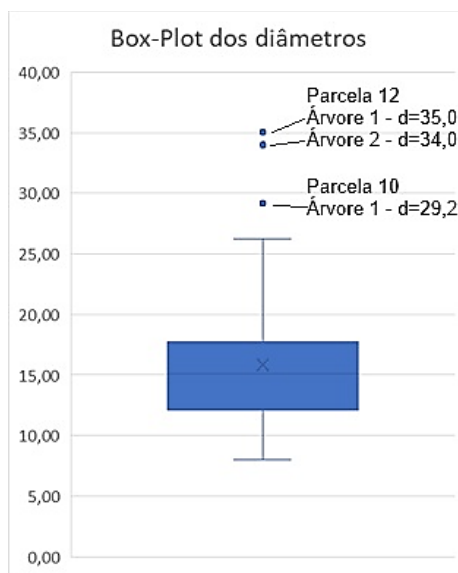
Onde: FIV_i = Fator de Inflação de Variância da preditora "i"; $R^2_{parcial_i}$ = Coeficiente de Determinação da preditora "i".

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi elaborado um gráfico *Box-Plot* (Figura 2) para identificar possíveis valores discrepantes (*outliers*) nos dados de diâmetro à 1,3 m de altura (d). O diagrama permitiu visualizar a distribuição dos valores e a presença de três observações fora do intervalo interquartil, indicando árvores com crescimento anormalmente superior ou inferior à tendência geral do conjunto. Esses *outliers* foram removidos da base de dados a fim de evitar distorções nas análises estatísticas subsequentes, especialmente na estimativa de correlações e no ajuste dos modelos de regressão.

A exclusão desses valores é justificada por se tratar de medições que podem refletir condições atípicas de crescimento, como falhas no plantio, danos físicos ou micro variações ambientais extremas, que não representam o comportamento padrão do povoamento. Após essa correção, a distribuição dos dados tornou-se mais homogênea, permitindo maior precisão na avaliação do efeito da bordadura sobre o crescimento diamétrico. Essa etapa foi essencial para assegurar a confiabilidade dos resultados e a robustez das inferências estatísticas realizadas no estudo.

Figura 2 – Identificação de *outliers* pelo gráfico *Box-Plot*, de um povoamento de *Eucalyptus urograndis* aos 72 meses de idade em Rio Largo, AL



Fonte: elaborado pelo autor (2025)

As médias e desvios-padrão das variáveis analisadas estão apresentadas na Tabela 2, após a exclusão dos *outliers*. Observa-se que o diâmetro médio das árvores foi de 15,15 cm, com valores variando de 8,02 cm a 26,26 cm, o que demonstra uma amplitude considerável de

crescimento dentro do povoamento. Essa variação reflete a influência de fatores espaciais e de competição entre indivíduos, indicando que as árvores não apresentaram desenvolvimento uniforme.

A altura média registrada foi de 22,96 m, variando de 9,22 m a 36,63 m, o que reforça a existência de diferenças estruturais associadas à posição das plantas no talhão. Árvores mais próximas à borda tendem a apresentar maior crescimento em diâmetro e altura, devido à maior disponibilidade de luz e menor competição por recursos. Já os indivíduos localizados nas faixas mais internas podem ter seu desenvolvimento limitado por sombreamento e maior densidade de vizinhança.

Esses resultados preliminares indicam uma heterogeneidade significativa no crescimento diamétrico e em altura, possivelmente relacionada à distância da bordadura, o que justifica a análise mais detalhada dessa variável nas etapas seguintes do estudo.

Tabela 2 – Médias das variáveis estudadas de um povoamento de *Eucalyptus urograndis* aos 72 meses de idade em Rio Largo, AL

Variável	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Borda	9,0 m	5,84 m	0,0 m	18,0 m
d	15,15 cm	4,11 cm	8,02 cm	26,26 cm
h	22,96 m	6,47 m	9,22 m	36,63 m
Clone	1,97	0,77	1	3

Fonte: elaborado pelo autor (2025)

Na Tabela 3 apresenta-se a análise de variância (ANOVA) dos diâmetros de *Eucalyptus urograndis*, considerando os efeitos de parcela e de bordadura. Os resultados evidenciam que ambos os fatores apresentaram significância estatística a 1% de probabilidade — entre parcelas ($p = 0,0009$) e para o efeito da bordadura ($p = 0,0010$). Isso indica que a variação observada no crescimento diamétrico não ocorreu de forma aleatória, mas está relacionada às diferenças espaciais existentes no experimento.

O efeito significativo entre parcelas demonstra que há variações intrínsecas no crescimento entre os blocos experimentais, possivelmente associadas a diferenças ambientais ou genéticas. Já o efeito da bordadura confirma que a posição das árvores dentro do povoamento influencia diretamente o diâmetro, sendo que as árvores da borda apresentam maior crescimento devido à menor competição por recursos e maior disponibilidade de luz.

Esses resultados reforçam a hipótese inicial do estudo, de que o fator espacial — representado pela distância da borda — exerce influência marcante sobre o desenvolvimento das árvores, devendo ser considerado em análises de crescimento e planejamento florestal.

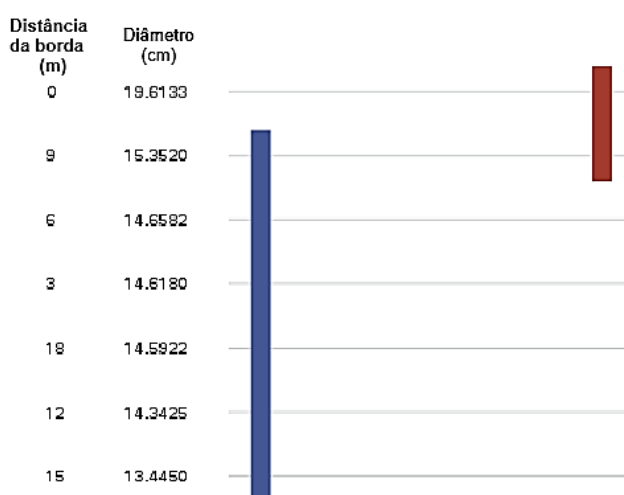
Tabela 3 – Análise da variância dos diâmetros de *Eucalyptus* aos 72 meses de idade em Rio Largo, AL

Fonte	Graus de Liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	Pr > F
Parcela	11	388,38	35,31	3,56	0,0009
Borda	6	266,60	44,43	4,48	0,0010
Resíduos	53	525,23	9,91		
Total	70	1180,20			

Fonte: elaborado pelo autor (2025)

O teste de Tukey (5%) (Figura 3) agrupou as distâncias da borda de 0 m e 9 m como as de maior diâmetro, enquanto as distâncias de 3, 6, 12, 15 e 18 m apresentaram os menores valores. A distância de 9 m também faz parte do grupo de maior diâmetro, sem diferir estatisticamente nem da borda (0 m) nem das demais distâncias (3–18 m), sendo, portanto, incluída em ambos os grupos. Esse resultado indica que o efeito de bordadura é mais evidente na borda imediata (0 m), mas no interior do povoamento, outros fatores podem influir no desenvolvimento das árvores.

Figura 3 – Teste de Tukey (5%) para os diâmetros em relação a distância da bordadura, de um povoamento de *Eucalyptus urograndis* aos 72 meses de idade em Rio Largo, AL



Fonte: elaborado pelo autor (2025)

As correlações de Pearson entre a distância da borda (Borda), o diâmetro, a altura e o clone são apresentadas na Tabela 4. A variável Borda mostrou correlação negativa significativa

com o diâmetro ($r = -0,292$; $p = 0,0135$), indicando que árvores mais distantes da borda crescem menos em diâmetro, evidenciando o efeito da borda no crescimento.

Tabela 4 – Correlação de Pearson entre a Borda e as variáveis diâmetro e altura das árvores de um povoamento de *Eucalyptus urograndis* aos 72 meses de idade em Rio Largo, AL

Variáveis	Estatísticas	Borda	Diâmetro	Altura
Borda	r	1	-0,292	0,12484
	prob.		0,0135*	0,3548
Diâmetro	r	-0,292	1	0,73369
	prob.	0,0135*		<0,0001**
Altura	r	0,12484	0,73369	1
	prob.	0,3548	<0,0001**	

Onde: Borda = distância da bordadura; Diâmetro = diâmetro da árvore a 1,3 m do solo; Altura = altura total da árvore; r = correlação de Pearson; prob. = probabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor (2025)

A variável Clone, representada pelo número do mesmo (1, 2 e 3) não apresentou significância com o diâmetro (Tabela 5). Apresentaram comportamento semelhante quanto ao diâmetro, sem diferenças expressivas entre eles. Diante desses resultados, a variável Clone não foi considerada nas análises subsequentes, uma vez que não exerceu influência significativa sobre o crescimento das árvores e, portanto, sua inclusão não contribuiria para o aprimoramento dos modelos de regressão propostos.

Tabela 5 – Correlação de Spearman entre o clone e as variáveis diâmetro e altura de um povoamento de *Eucalyptus urograndis* aos 72 meses de idade em Rio Largo, AL

Variáveis	Estatísticas	Clone	Diâmetro	Altura
Clone	r	1	0,03146	0,19598
	prob.		0,7945	0,1440
Diâmetro	r	0,03146	1	0,03146
	prob.	0,7945		0,7945
Altura	r	0,19598	0,73696	1
	prob.	0,1440	<0,0001**	

Onde: Clone = valor do clone (1, 2 ou 3); Diâmetro = diâmetro da árvore a 1,3 m do solo; Altura = altura total da árvore; r = correlação de Spearman; prob. = probabilidade.

Fonte: elaborado pelo autor (2025)

Diante disso, as análises subsequentes do trabalho se concentraram na relação $d=f(BORDA)$, por se tratar de uma associação estatisticamente relevante entre as variáveis avaliadas. Muitas vezes não se tem um modelo adequado para representar o que se deseja e tenta-se desenvolver um que seja suficientemente detalhado e preciso. Outras vezes nos

deparamos com uma diversidade de modelos para representar alguma coisa e a dificuldade é escolher o melhor. O melhor modelo é o mais simples, que serve ao seu propósito, auxiliando a entender o sistema que representa e a resolver problemas (FLORIANO, 2024c).

Foram realizadas duas análises de regressão para seleção das variáveis a permanecer no modelo, sendo a primeira com o intercepto e a segunda sem o intercepto, sendo os resultados apresentados na Tabela 6. De acordo com Floriano (2024c), às vezes se obtém equações com melhor ajuste excluindo-se o intercepto dos modelos e, neste caso, a melhor equação com intercepto não apresentou um bom ajuste, induzindo ao uso do modelo sem intercepto.

Tabela 6 – Resultados da análise de regressão para $d=f(\text{BORDA})$ das árvores de um povoamento de *Eucalyptus urograndis* com 72 meses de idade em Rio Largo, AL

Equação		Coeficientes				Estatísticas			
Nº	Modelo	b_0	b_1	b_2	b_3	R^2	R^2_{aj}	Syx	CV%
1	$d = b_0 + b_1 \times \ln(X)$	15,19642**	-0,3199**	-	-	0,1764	0,1645	3,75	24,78
	R^2_{parcial}	-	0,1764**	-	-				
	FIV	0	1	-	-				
2	$d = b_1 \times X^{\frac{1}{5}} + b_2 \times \ln(X) + b_3 X^{\frac{1}{2}}$	-	17,07968**	-1,3418**	-2,95913**	0,9445	0,942	3,78	24,94
	R^2_{parcial}	-	0,7456**	0,1920**	0,0069**				
	FIV	-	45,7778	1,19736	46,54428				
3	$d = b_1 \times X^{\frac{1}{5}} + b_2 \times \ln(X)$	-	11,13989**	-1,38536**	-	0,9376	0,9357	4,98	26,25
	R^2_{parcial}	-	0,7456**	0,1920**	-				
	FIV	-	1,17	1,17	-				

Onde: d = diâmetro em cm; X = distância da borda em m; $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ e β_3 = coeficientes; FIV = Fator de Inflação de Variância; R^2 = Coeficiente de Determinação; R^2_{aj} = Coeficiente de Determinação ajustado; R^2_{parcial} = R^2 calculado para a contribuição da variável considerada; Syx = Erro Padrão de Estimativa; CV% = Coeficiente de Variação em Porcentagem; (**) = significativo a 1% de probabilidade para o valor de F do R^2_{parcial} e para o valor de “t” do coeficiente considerado. Fonte: elaborado pelo autor (2025).

O procedimento utilizado para seleção das variáveis, reteve somente a variável $X^{(1/5)}$ no modelo com o intercepto (b_0), resultando no modelo 1, com R^2 de 0,1764, representando um ajuste muito baixo da função aos dados. Excluindo-se o intercepto, obteve-se o modelo 2 e houve retenção de três variáveis ($\ln(X)$, $X^{1/2}$, $X^{1/5}$), com R^2 da equação aumentado para 0,9445, entretanto o valor do FIV das variáveis retidas foi muito elevado, então foi retirada a variável com menor R^2_{parcial} ($X^{1/2}$), resultando no modelo 3, com R^2 de 0,9376 e CV de 26,25%, sendo considerada a melhor equação para estimar o diâmetro das árvores em função da distância da bordadura aos 72 meses de idade, sendo expressa a seguir:

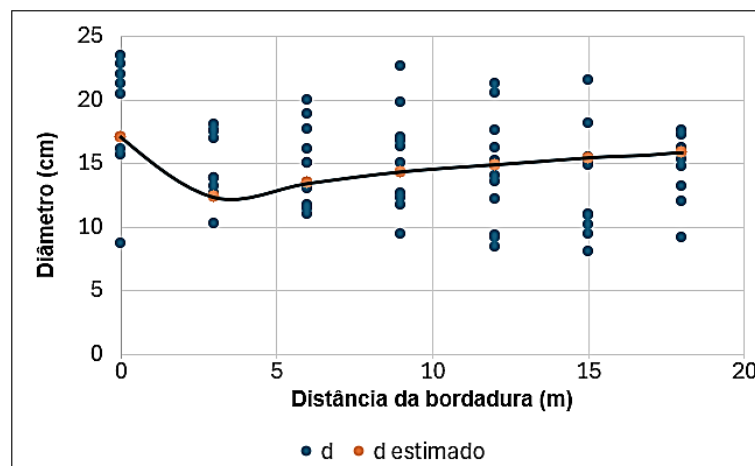
$$Eq_8. d = 11,13989 \times X^{\frac{1}{5}} - 1,38536 \times \ln(X)$$

Onde: d = diâmetro da árvore a 1,3 m de altura em cm; X = distância da bordadura em metros.

Essa equação apresentou o melhor desempenho como modelo preditor do diâmetro das árvores, sendo selecionada com base nos critérios estatísticos de ajuste. Assim, foi considerada a mais adequada para representar a variação do crescimento diamétrico em função da distância à borda do talhão.

Na Figura 4 representa-se a linha de regressão determinada com a equação selecionada, onde se verifica que a primeira linha de árvores, localizada na bordadura do povoamento, cresce mais devido à maior incidência de luz e à ausência de competição do lado externo da floresta. A segunda linha, situada a 3 metros da borda, apresenta o menor crescimento diamétrico, provavelmente por sofrer competição tanto da árvore da borda quanto do interior, o que limita seu desenvolvimento. A partir da terceira linha, a 9 metros, o efeito de bordadura diminui significativamente, e o crescimento diamétrico vai aumentando gradualmente com tendência a estabilizar, embora sem atingir os níveis da borda.

Figura 4 - Efeito da bordadura sobre o diâmetro das árvores, de um povoamento de *Eucalyptus urograndis* aos 72 meses de idade em Rio Largo, AL

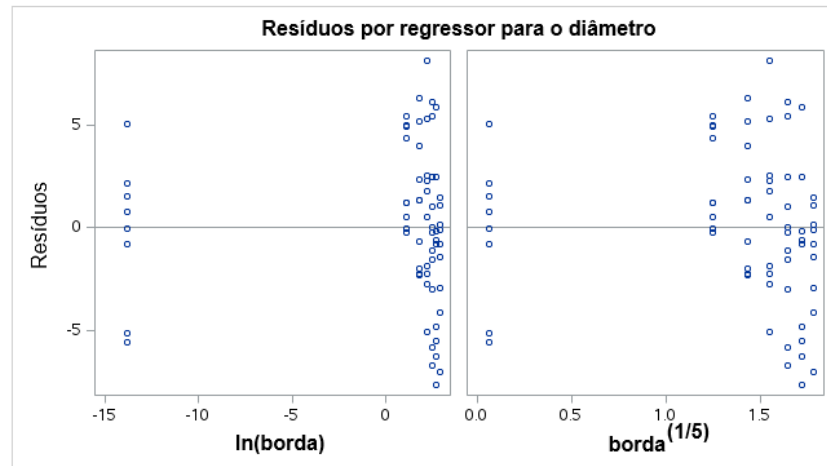


Fonte: elaborado pelo autor (2025)

Os resíduos da equação selecionada são apresentados na Figura 5. Observa-se uma distribuição aleatória dos resíduos em torno da linha média, indicando bom ajuste do modelo de regressão e ausência de tendências sistemáticas. Esse comportamento demonstra que a equação representa adequadamente a variação do diâmetro em função da distância da bordadura.

Além disso, a diferença observada nos valores estimados reforça que as árvores localizadas na borda apresentam diâmetros superiores aos indivíduos do interior do talhão, confirmando a influência do efeito de bordadura sobre o crescimento diamétrico.

Figura 5 – Resíduos da equação selecionada como melhor; onde: $\ln(\text{borda})$ =logaritmo natural da distância da borda; $\text{borda}^{(1/5)}$ =raiz quinta da distância da borda.



Fonte: elaborado pelo autor (2025)

Conforme apontam Orso et al. (2024), para indivíduos situados na mesma faixa de diâmetro, existem ainda variações na capacidade de crescimento, em que essas variações são parcialmente explicadas pelos índices de competição utilizados na análise discriminante. Esses resultados confirmam a influência do efeito de bordadura no crescimento das árvores e ressaltam a importância de sua consideração em experimentos florestais e inventários, principalmente das primeiras duas fileiras de árvores da borda. Em especial, talhões menores são mais suscetíveis a esse efeito, devido à maior proporção de área afetada pelas bordas. Assim, a exclusão ou o tratamento diferenciado das faixas de bordadura pode ser uma medida necessária para evitar distorções nas estimativas de crescimento e produtividade.

Foi realizado o teste de White para avaliar a homocedasticidade da variância dos resíduos, resultando em um valor de 3,93 com probabilidade de significância de 0,4160. Esse resultado indica que a variância dos resíduos é constante ao longo das observações, caracterizando uma distribuição homocedástica, ou seja, sem indícios de variação desigual dos erros.

Em contrapartida, quando há variação irregular da variância residual entre os pontos observados, o fenômeno é denominado heterocedasticidade, o que não foi verificado neste estudo.

Além disso, foi aplicado o teste de normalidade de Shapiro–Wilk, que apresentou valor de $W = 0,99$ e probabilidade de 0,63, não significativa, confirmando que os resíduos seguem distribuição normal. Esses resultados atestam a adequação estatística do modelo ajustado, demonstrando que suas premissas básicas foram atendidas.

5 CONCLUSÕES

O estudo evidencia que a posição das árvores em relação à bordadura do talhão exerce influência direta sobre o crescimento diamétrico em povoamentos clonais de *Eucalyptus urograndis*, demonstrando que indivíduos localizados na borda apresentam crescimento diamétrico superior em relação aos do interior, entretanto não se verificou correlação com o crescimento em altura. Essa diferença no crescimento diamétrico é atribuída à maior disponibilidade de luz, menor competição e maior exposição às condições ambientais favoráveis nas extremidades do talhão.

O procedimento adotado para modelagem do crescimento diamétrico resultou em um modelo com bom ajuste, permitindo estimar o diâmetro em função da distância da bordadura.

Baseando-se nos resultados estatísticos, verificou-se que as árvores da bordadura crescem mais do que as do interior do povoamento, sendo que as árvores a três metros da borda sofrem grande competição das da bordadura e crescem menos que todas as demais. Aos 9 metros da borda, outros fatores devem ter influência pois estas árvores não diferiram significativamente em diâmetro em relação às da bordadura.

Os resultados confirmam o objetivo proposto de avaliar o efeito da bordadura sobre o crescimento diamétrico, indicando que o fator espacial deve ser considerado no planejamento experimental e na interpretação de dados dendrométricos, a fim de garantir maior precisão nas estimativas de produtividade e na definição de estratégias de manejo floresta.

Recomenda-se que se considere planejar experimentos com *Eucalyptus* com bordadura externa dupla e que nos inventários florestais as parcelas amostrais tenham afastamento de ao menos duas linhas de plantio a partir da borda.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. C. S.; SOUZA, J. L.; TEODORO, I.; BARBOSA, G. V. S.; FILHO, G. M.; FERREIRA JÚNIOR, R. A. Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. *Ciência E Agrotecnologia*, v.32, p.1441-1448, 2008.
- ALVES FERREIRA, D. H. A., LELES, P. S. DOS S., MACHADO, E. C., ABREU, A. H. M. DE, & ABÍLIO, F. M. **Crescimento de clone de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em diferentes espaçamentos.** FLORESTA, Curitiba, v. 44, n. 3, p. 431-440, jul./set. 2014. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/32188>. Acesso em: 16 set. 2025.
- ALVES, M. C; BARROS, A. H. R. O.; LOPES, G. O.; OLIVEIRA, L. V. S.; CALDEIRA FILHO, A.; ROCHA, K. J.; BIAZATTI, S.; MICHELAN, D. CRESCIMENTO DIAMÉTRICO DE MATERIAIS GENÉTICOS DE EUCALIPTO NA AMAZÔNIA SUL-OCIDENTAL. **Anais do 9º Congresso Florestal Brasileiro**, 9 nov. 2022.
- CEMIG, COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Manual de arborização.** Belo Horizonte: Cemig; Fundação Biodiversitas, 2011. 112 p. ISBN 978-85-87929-46-4.
- KLABIN. Como o Eucalipto impulsiona a economia e o meio ambiente. **Blog Klabin**, 25-04-2024. Disponível em: <<https://blog.klabin.com.br/-/eucalipto>>.
- COSTA, J. G. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Efeitos de bordaduras laterais e de cabeceira no rendimento e altura de plantas de feijoeiro comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 8, p. 1297–1304, ago. 1998.
- CRUZ, J. C.; ALVARENGA, R. C.; VIANA, J. H. M.; DUARTE, J. O. **Cultivo do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. (Sistemas de Produção, 2).** ISSN 1679-012X. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/sistemas-de-producao>>. Acesso em: 07 ago. 2025.
- DIAS, K. O. G.; GONÇALVES, F. M. A.; SOBRINHO, F. S.; NUNES, J. A. R.; TEIXEIRA, D. H. L.; MORAES, B. F. X.; BENITES, F. R. G. Tamanho de parcela e efeito de bordadura no melhoramento de *Urochloa ruziziensis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1426–1431, 2013.
- DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied Regression analysis**, 3ed. [Hoboken] (EUA): Wiley, 1998. 706p. ISBN: 978-0471170822.
- FERNANDES, A. P.; SILVA, P. S. **Efeito de bordadura nas extremidades de parcelas em experimento com cultivares de milho.** Caatinga, Mossoró-RN, v. 8, n. 1/2, p. 32–37, dez. 1994.
- SNIF. **Florestas do Brasil - Dados e Estatísticas:** Produção florestal. Sistema Nacional de Informações Florestais, 2024. Disponível em: <<https://publicacoes-snif.florestal.gov.br/florestasdobrasil/pt/producao-economia-e-mercado-florestal/producao-e-extracao-vegetal/>>.

FLORIANO, E. P. **Aspectos ambientais, sociais e econômicos da eucaliptocultura**. Rio Largo: Edição do autor, 2024a. 150 p. ISBN: 978-65-00-93156-3.

FLORIANO, E. P. **Dendrometria: medição de árvores e de seu crescimento**. Londres: Novas Edições Acadêmicas, 2024b. 213p. ISBN: 978-620-6-76223-2.

FLORIANO, E. P. **Modelos florestais: desenvolvendo árvores e florestas matematicamente**. Londres: Novas Edições Acadêmicas, 2024c. 231p. ISBN: 978-3-639-69021-7.

FLORIANO, E. P. **Potencialidades de produção florestal em Alagoas**. Rio Largo: Edição do autor, 2018. 182 p. ISBN: 978-85-918170-3-0.

FLORIANO, E. P.; MULLER, I.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. Ajuste e seleção de modelos tradicionais para série temporal de dados de altura de árvores. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 177–199, 2006. DOI: 10.5902/198050981898. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/1898>. Acesso em: 16 set. 2025.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório Anual 2024**. Ibá, 2024. Disponível em: < <https://iba.org/publicacoes/>>. Acesso em: 16 set. 2025.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES (IBÁ). **Relatório Anual 2025**. Ibá, 2025. Disponível em: < <https://iba.org/publicacoes/>>. Acesso em: 08 out. 2025.

MARANGON, G. P.; FLORIANO, E. P.; COSTA, E. A.; STEPKA, T. F.; LISBOA, G. S. **Diameter growth of *Melia azedarach* var. *umbraculifera***. **TreeDimensional**, v. 13, n. 27, p. 1–7, 17 dez. 2024.

MARTHA JÚNIOR, G. B.; CONTINI, E.; NAVARRO, Z. Caracterização da amazônia legal e macrotendências do ambiente externo. Brasília: **Embrapa Estudos e Capacitação**, 2011.

ORSO, G.; MADI, J. P.; BEHLING, A.; PELISSARI, A. L.; FIGUEIREDO FILHO, A.; MACHADO, S. A. Estimativa do incremento diamétrico anual em remanescente natural de Floresta Ombrófila Mista. **Advances in Forestry Science**, v. 11, p. 2208–2220, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.34062/afs.v11i2.16013>. Acesso em: 9 jul. 2025.

PENTEADO Jr., J. F. (org.); PICHELLI, K.; SOARES, S. Eucalipto: perguntas e respostas. Colombo, PR: **Embrapa Florestas**, Dezembro/2019. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/eucalipto/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 16 set. 2025.

RODRIGUES, Gelze Serrat S. C.; ROSS, Jurandyr L. S.; TEIXEIRA, Georgia; SANTIAGO, Oberdan R. P. L.; FRANCO, Camila. **Eucalipto no Brasil: expansão geográfica e impactos ambientais**. Uberlândia, MG: Composer, 2021

SILVA, C. D.; NASCIMENTO, J. S.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. “Classification of *Eucalyptus urograndis* hybrids under different water availability based on biometric traits.” **Forest Systems**, 23(2):209-215, 2014. DOI:10.5424/fs/2014232-03528.

SILVA, P. S. L.; SOUZA, P. G.; MONTENEGRO, E. E. **Efeito de bordadura nas extremidades de parcelas de milho irrigado**. ESAM, Mossoró, RN, 1990.

SOUZA, Geraldo da S. **Introdução aos modelos de regressão linear e não linear**. Brasília: EMBRAPA, 1998. 489p

VERA, DAMARIS E.; LAURA, V. A.; COUTO, A. M. “Desempenho silvicultural de *Eucalyptus urograndis* em diferentes densidades de plantio.” *Scientia Plena*, 19(10), 2023. <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2023.100201>

VITAL, M. H. F. **Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto**. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v. 14, n. 28, p. 235-276, 2007.