

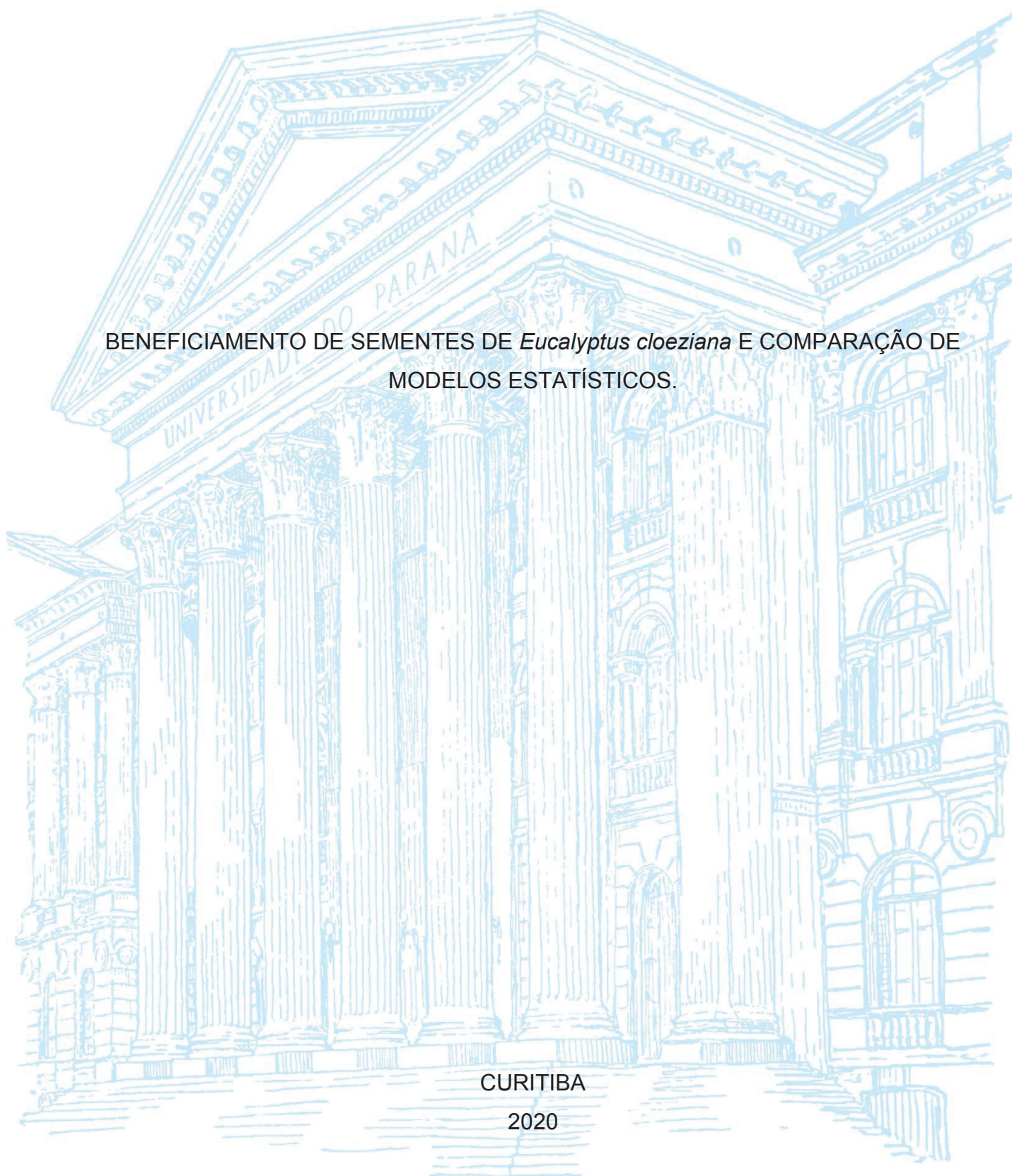
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THOMAS BRUNO MICHELON

BENEFICIAMENTO DE SEMENTES DE *Eucalyptus cloeziana* E COMPARAÇÃO DE
MODELOS ESTATÍSTICOS.

CURITIBA

2020



THOMAS BRUNO MICHELON

BENEFICIAMENTO DE SEMENTES DE *Eucalyptus cloeziana* E COMPARAÇÃO DE
MODELOS ESTATÍSTICOS.

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre em Agronomia, no Curso
de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Setor de
Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Maristela Panobianco
Vasconcellos

Co-orientadora: Dra. Elisa Serra Negra Vieira

CURITIBA

2020

Michelon, Thomas Bruno

Beneficiamento de sementes de *Eucalyptus cloeziana* e comparação de modelos estatísticos / Thomas Bruno Michelon.

. - Curitiba, 2020.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Orientadora: Maristela Panobianco Vasconcellos.

Coorientadora: Elisa Serra Negra Vieira.

1. Eucalipto - Semente - Qualidade. 2. Modelos lineares (Estatística). 3. Germinação. I. Vasconcellos, Maristela Panobianco. II. Vieira, Elisa Serra Negra. III. Título. IV. Universidade Federal do Paraná.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL) - 40001016031P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL) da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **THOMAS BRUNO MICHELON** intitulada: **BENEFICIAMENTO DE SEMENTES DE *Eucalyptus cloeziana* E COMPARAÇÃO DE MODELOS ESTATÍSTICOS**, sob orientação da Profa. Dra. MARISTELA PANOBIANCO VASCONCELLOS, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 18 de Fevereiro de 2020.

MARISTELA PANOBIANCO VASCONCELLOS

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

ELISA SERRA NEGRA VIEIRA

Avaliador Externo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA)

ADRIANA MARTINELLI SENEME

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais: Maria e Amilton, por acreditarem em mim, me apoiarem sempre em minhas escolhas e proporcionarem minhas conquistas. A minha irmã Talita pelo companheirismo, mesmo estando longe.

À minha orientadora Prof^a Dr^a Maristela Panobianco Vasconcellos, pela forma dedicada com que vem me orientando ao longo dos anos. Seus ensinamentos e incentivo foram essenciais para meu crescimento profissional e pessoal.

À minha co-orientadora Dr^a Elisa Serra Negra Vieira, por toda ajuda e dedicação. Sua contribuição foi fundamental para realização deste trabalho.

À minha namorada, amiga e companheira Gabriela, por ter estado ao meu lado em todos os momentos desse caminho.

Ao professor Dr. Cesar Augusto Taconeli, por toda atenção dada ao decorrer do trabalho, sua tutoria foi essencial para o desenvolvimento desse projeto.

Aos colegas de laboratório Lucas e Maracélia e, em especial, à Andreza pela amizade e toda a ajuda que proporcionou ao longo do curso.

A Embrapa Florestas, pela disponibilização dos laboratórios e casa-de-vegetação, assim como aos funcionários por toda a cortesia e amparo durante a condução do trabalho.

A Universidade Federal de Lavras, por disponibilizar o equipamento de raio-X, o qual foi essencial para a elaboração dessa pesquisa.

À equipe técnica do Laboratório de Análise de Sementes da UFPR, Roseli do Rocio Beggiora e Letícia Gonçalves Maduro.

À Universidade Federal do Paraná, em especial ao Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade e a secretária do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal, Lucimara Antunes, pela eficiência e colaboração.

À Capes pela concessão da bolsa de estudos.

RESUMO

Eucalyptus cloeziana é uma das espécies do gênero *Eucalyptus* com madeira mais densa e de alto valor agregado, sendo utilizada frequentemente na construção civil e indústria moveleira. Apesar da aptidão, é pouco utilizada pela dificuldade de propagação, seja pela pouca capacidade de enraizamento de estaca ou por suas sementes apresentarem baixa germinação, possivelmente associada ao número elevado de impurezas, indistinguíveis da semente pura. A pesquisa teve por objetivo desenvolver uma técnica prática e eficiente para o beneficiamento das sementes de *Eucalyptus cloeziana*, de forma a conferir pureza física ao lote e elevar a taxa de germinação, assim como avaliar o modelo mais adequado na classe dos Modelos Lineares Generalizados (MLG) para a análise de dados de contagem em sementes. Foram utilizados três lotes de sementes, separadas por tamanho em peneiras de crivo quadrado com aberturas de 1,18 mm; 1,00 mm e 0,84 mm. Realizaram-se análises de raio-X, número de plântulas normais, Índice de Velocidade de Germinação (IVG), porcentagem e Índice de Velocidade de Emergência (IVE). A análise dos dados foi fundamentada nos MLG ajustados à distribuição normal, Poisson e binomial negativa, analisando-se ajuste pelos critérios de Akaike e Bayesiano de Schwarz, pelos gráficos de diagnóstico da distância de Cook e *Half-normal*. Pelo teste de raio-X foi possível observar que as sementes cheias ficaram retidas nas maiores peneiras, sendo as sementes retidas na peneira de 1,18 mm apresentaram germinação três vezes maior, ao passo que na casa-de-vegetação a emergência e o IVE duplicaram, em relação à testemunha. Quanto a avaliação estatística, o ajuste com distribuição normal, o qual é rotineiramente empregado em trabalhos com semente, diferiu na configuração de médias submetidas ao teste de Tukey em relação aos outros ajustes e, apesar de atenderem todos os pressupostos de normalidade, foi o que apresentou pior ajuste. Conclui-se que a técnica de beneficiamento desenvolvida, empregando-se peneiras, confere maior qualidade física e fisiológica ao lote; e o ajuste com a distribuição de Poisson é o que mais adequado aos dados de contagem do teste de germinação de sementes de *E. cloeziana*.

Palavras-chave: Eucalipto. Pureza física. Modelos lineares generalizados. Germinação.

ABSTRACT

Eucalyptus cloeziana is one of the species of the genus *Eucalyptus* with higher density of wood, of high added value, which has been used frequently in the construction and furniture industry. Despite aptitude, it is little used for the difficulty of propagation, either because of the low capacity of rooting a stake or because its seeds have low germination, possibly associated with the high number of impurities, indistinguishable from the seed. The research aimed to develop a practical and efficient technique for the processing of the seeds of *Eucalyptus cloeziana*, in order to give greater physical purity to the lot and increase the germination rate, and evaluate the most appropriate model in the class of Generalized Linear Models (GLM) for data count analysis in seeds. Three seed lots were used, separated by size in sieve sieves with openings of 1.18 mm; 1.00 mm and 0.84 mm. X-ray analyses were performed, the number of normal seedlings and the Germination Speed Index (GSI), the percentage and Emergency Speed Index (ESI) of seedlings in the greenhouse. The data analysis was based on the utilization of the GLM adjusted to the normal, Poisson and negative binomial distribution, by analyzing the adjustment by the Akaike and Schwarz Bayesian criteria, by the diagnostics graphs of Cook's distance and Half normal plot. By the X-ray test it was possible to observe that the full seeds were retained in the biggest sieves and that they were more viable and vigorous, corroborating with the results in the laboratory, where the seeds larger than 1.18 mm, on average, germinated three times more, while in the field, the emergency and the ESI doubled in relation to the control. Regarding the statistical evaluation, the adjustment of normal distribution differed in the configuration of averages submitted to the Tukey test in relation to the other adjustments and, despite the data meeting all the normality assumptions, was the worst fit. It is concluded that the processing technique developed using sieves, confers greater physical and physiological quality on the lot and increases its quality considerably and that the adjustment with the Poisson distribution is the most appropriate to the count data of the seed germination test of *E. cloeziana*.

Keywords: Eucalypt. Physical purity. Generalized Linear Models. Germination.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO DE UM DOS LOTES DE SEMENTES DE *EUCALYPTUS CLOEZIANA* NÃO BENEFICIADAS. NO DETALHE, UMA APROXIMAÇÃO ILUSTRANDO A DIFICULDADE DE DISTINÇÃO VISUAL ENTRE IMPUREZAS E SEMENTE.28
- FIGURA 2 – ANÁLISE DE RAIOS-X DO LOTE 2, REFERENTE ÀS DIFERENTES FRAÇÕES SEPARADAS DE *EUCALYPTUS CLOEZIANA*: MAIOR QUE 1,18 MM (A), ENTRE 1,18 E 1MM (B), MENOR QUE 0,84 MM (C) E TESTEMUNHA (D). AMPLIAÇÃO EM A DETALHANDO AS CARACTERÍSTICAS DE UMA SEMENTE CONSIDERADA CHEIA. AMPLIAÇÃO EM B DETALHANDO AS CARACTERÍSTICAS33
- FIGURA 3 – FREQUÊNCIA DE SEMENTES CHEIAS OBSERVADA NA ANÁLISE DE RAIOS-X, DE SEMENTES DE *EUCALYPTUS CLOEZIANA* BENEFICIADAS E NÃO BENEFICIADAS, DE TRÊS LOTES.34
- FIGURA 4 – NÚMERO DE PLÂNTULAS NORMAIS POR KG DE *EUCALYPTUS CLOEZIANA*, PROVENIENTES DE SEMENTES BENEFICIADAS E NÃO BENEFICIADAS, DE TRÊS LOTES.....35
- FIGURA 5 – ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *EUCALYPTUS CLOEZIANA*, BENEFICIADAS E NÃO BENEFICIADAS, DE TRÊS LOTES.36
- FIGURA 6 – PORCENTAGEM E VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA EM CASA-DE-VEGETAÇÃO DE SEMENTES DE *EUCALYPTUS CLOEZIANA*, BENEFICIADAS E NÃO BENEFICIADAS.....37
- FIGURA 7 – GRÁFICOS DE DIAGNÓSTICO DO MODELO NORMAL. RESÍDUOS VERSUS VALORES AJUSTADOS (A); GRÁFICO *HALF-NORMAL* (B); DISTÂNCIA DE COOK (C).....47
- FIGURA 8 – GRÁFICOS DE DIAGNÓSTICO DO MODELO POISSON. RESÍDUOS VERSUS VALORES AJUSTADOS (A); GRÁFICO *HALF-NORMAL* (B); DISTÂNCIA DE COOK (C).....48
- FIGURA 9 – GRÁFICOS DE DIAGNÓSTICO DO MODELO BINOMIAL NEGATIVO. RESÍDUOS VERSUS VALORES AJUSTADOS (A); GRÁFICO *HALF-NORMAL* (B); DISTÂNCIA DE COOK (C).....48

FIGURA 10 – FLUXOGRAMA DESENVOLVIDO PARA ANÁLISE ESTATÍSTICA DE DADOS DE CONTAGEM EM SEMENTES DE <i>EUCALYPTUS CLOEZIANA</i>	52
FIGURA 11 – COMPARAÇÃO DE MÉDIA PELO TESTE DE TUKEY A 0,05 DE PROBABILIDADE DOS BENEFICIAMENTOS EM FUNÇÃO DO MODELO LINEAR GENERALIZADO COM DISTRIBUIÇÃO DE POISSON.	53

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – VALORES DOS CRITÉRIOS DE AKAIKE (AIC) E BAYESIANO (BIC), GRAUS DE LIBERDADE E DEVIANCE RESIDUAL PARA DIFERENTES MODELOS DAS DISTRIBUIÇÕES NORMAL, POISSON E BINOMIAL NEGATIVA.	46
TABELA 2 – DESDOBRAMENTO DO EFEITO DE INTERAÇÃO LOTE VS TRATAMENTO PARA OS MODELOS AJUSTADOS COM CADA DISTRIBUIÇÃO.	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	<i>EUCALYPTUS CLOEZIANA</i> : CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE.....	14
2.2	BENEFICIAMENTO DE SEMENTES	17
2.3	MODELOS ESTATÍSTICOS EM TECNOLOGIA DE SEMENTES.....	18
3	REFERÊNCIAS	21
4	CAPÍTULO I: BENEFICIAMENTO DE SEMENTES DE <i>Eucalyptus cloeziana</i>	25
4.1	INTRODUÇÃO.....	25
4.2	MATERIAL E MÉTODOS	26
4.2.1	Teste de raio-X	29
4.2.2	Teste de germinação	29
4.2.3	Índice de Velocidade de Germinação (IVG).....	29
4.2.4	Índice de velocidade de emergência (IVE)	30
4.2.5	Análise estatística	31
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.4	CONCLUSÕES.....	38
4.5	REFERÊNCIAS	38
5	CAPÍTULO II: ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS ESTATÍSTICOS EM DADOS DE CONTAGEM DE <i>Eucalyptus cloeziana</i>.....	40
5.1	INTRODUÇÃO.....	40
5.2	MATERIAL E MÉTODOS	42
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.4	CONCLUSÃO	54
5.5	REFERÊNCIAS	54

REFERÊNCIAS.....	56
------------------	----

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro, líder mundial em produtividade de madeira, apresenta 7,83 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo essa área responsável por 91% da madeira utilizada no setor industrial, representando 6,2% do PIB industrial brasileiro. Além dos aspectos econômicos, o setor também apresenta grande responsabilidade socioambiental, regulação dos recursos hídricos e recuperação de áreas degradadas (IBÁ, 2019).

No Brasil, o gênero *Eucalyptus* ocupa uma área de 5,7 milhões de hectares e representando 72% de toda a floresta plantada, presente principalmente nos estados de Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (16%) (IBÁ, 2019).

Em relação ao *Eucalyptus cloeziana*, a espécie apresenta boas características físico-químicas; possui madeira forte e durável; é apta a serralheria, sendo utilizada em construção civil, indústria moveleira e indicada para produção de postes de eletrificação (MOURA, 2003; FLORES et al., 2016). Dentre as espécies de eucalipto cultivadas, *E. cloeziana* apresenta maior densidade da madeira, e apesar disso não é comum em viveiros e cultivos comerciais. Tal fato se dá principalmente pela dificuldade de propagação, uma vez que a multiplicação clonal é inviabilizada pela dificuldade de enraizamento da espécie, ao passo que, por via seminal, há baixa taxa de germinação (MOURA E GUIMARÃES, 2003; ALMEIDA et al., 2007a; REIS et al. 2017).

As sementes da espécie são extraídas dos frutos juntamente com óvulos estéreis ou impurezas, que são semelhantes às sementes viáveis em tamanho e aparência, sendo que em um lote de sementes, estas impurezas são mais numerosas do que as sementes viáveis. Neste sentido, o desenvolvimento de uma técnica adequada de beneficiamento poderia aumentar a pureza física do lote e, conseqüentemente, aumentar a germinação de sementes de *E. cloeziana*.

Para a análise estatística de dados, a maioria dos trabalhos referentes à germinação de sementes publicados optam pela Análise de Variância, sendo que há necessidade dos dados possuírem a distribuição normal, no entanto, em dados de contagem em ciências biológicas, é comum a não ocorrência de tal característica (SILESHI, 2012; KOSMA et al., 2019). O mesmo ocorre em espécies pouco

melhoradas, como é o caso de espécies florestais, nas quais há uma grande variabilidade entre plantas, contribuindo assim para o efeito de não normalidade (CARVALHO; SANTANA; ARAÚJO, 2018).

Uma forma de contornar o problema de não normalidade é a transformação dos dados, o que nem sempre é possível; além de haver uma maior dificuldade em interpretar os resultados, dada a mudança em sua escala (ST-PIERRE; SHIKON; SCHNEIDER, 2018). Dessa maneira a utilização dos Modelos Lineares Generalizados (MLG) pode ser vista como uma alternativa, visto que são uma generalização do modelo ANOVA, em que outras distribuições mais condizentes a dados de contagem podem ser utilizadas. Além de evitar a necessidade de normalidade dos dados, outras distribuições podem apresentar melhor adequação aos dados, mesmo em dados normais, e conseqüentemente inferências mais precisas podem ser realizadas (CARVALHO; SANTANA; ARAÚJO, 2018; SANTANA; CARVALHO; TOOROP, 2018).

Baseado no exposto, o presente trabalho teve por objetivos desenvolver uma técnica prática e eficiente para o beneficiamento das sementes de *Eucalyptus cloeziana*, de forma a conferir maior pureza física ao lote e elevar a taxa de germinação, e avaliar o modelo mais adequado na classe dos MLG para dados de contagem de germinação em sementes de *E. cloeziana*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Eucalyptus cloeziana*: CARACTERÍSTICAS DA ESPÉCIE

O *Eucalyptus cloeziana* é natural da região leste do estado de Queensland, na Austrália, pertencente à família Myrtaceae, conhecida como “gympie messmate” em sua região de origem, foi introduzida no Brasil na década de 1970, por incentivo do poder público com o extinto Projeto de Desenvolvimento e Pesquisa Florestal (PRODEPEF), por universidades e empresas privadas (FERREIRA, 2001).

Originária de áreas de plantio situadas na latitude de 16°S a 27°S, com altitude variando de 40 a 1000 m, a espécie *E. cloeziana*, ocorre, sobretudo, em clima subtropical com temperaturas variando de 29 a 34°C, nos períodos mais quentes, e

de 5 a 18°C nos mais frios. A pluviosidade média anual da região natural varia entre 500 e 2.300 mm (FERREIRA, 2001; MOURA, 2003; BOLAND et al., 2006).

Lafeta et al. (2018) utilizaram dados de 490 plantas georreferenciadas na Austrália para predição de regiões aptas para o plantio de *E. cloeziana* nos estados de São Paulo, Bahia, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Com base nos dados climáticos de 30 anos dos Estados brasileiros, os autores identificaram que as regiões sudestes de São Paulo e Minas Gerais são as mais indicadas, sendo os valores de pluviosidade e homogeneidade na temperatura os fatores que mais contribuíram para a escolha.

De acordo com a descrição botânica de Lorenzi et al. (2003), a espécie apresenta madeira de cor castanho-amarelada, com casca persistente, escamosa e levemente sulcada de tonalidade marrom-escuro. A copa apresenta aspecto alongado e denso devido aos ramos compridos e sinuosos. As folhas de cor verde-escuro têm formato lanceolado-falcado, com 8 a 12 cm de comprimento e 2 a 3 cm de largura. As inflorescências, localizadas abaixo dos ramos, são dispostas em panículas axilares densas. As flores são pequenas e de coloração branca, assim como os estames. Os frutos secos, do tipo cápsula, têm aproximadamente 10 mm de diâmetro. A espécie produz grande quantidade de sementes, as quais são de tonalidade marrom-amarelada (BOLAND et al., 2006).

A espécie *E. cloeziana* tem como característica um crescimento lento nos três primeiros anos; porém, se torna relativamente rápido após esse período. Já em seu desenvolvimento pleno, as árvores da espécie podem chegar até 55 metros de altura, com diâmetro à altura de peito (DAP) de até 2 metros, e produtividade variando entre 15 a 35 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (MOURA, 2001; MOURA, 2003).

A brotação da espécie é elevada, com alta sobrevivência e apresenta crescimento vigoroso em relação às outras espécies de eucalipto. Almeida, Xavier e Dias (2007b), avaliaram o resgate das brotações por anelamento do caule, decepta, e indução de brotações epicórmicas em galhos, em árvores de diferentes idades, concluindo que a indução de brotação por decepta da árvore gerou maior número de brotos, sendo esse método o mais viável. Por outro lado, um impasse na propagação assexuada da espécie está relacionado à dificuldade de enraizamento da estaca (TRUEMAN; MCMAHON; BRISOW, 2013; REIS et al. 2017).

Assim a multiplicação se dá principalmente por sementes, as quais são produzidas em grande quantidade no sudoeste do Brasil (LORENZI et al., 2003) e segundo Moura e Guimarães (2003), apesar da produção vigorosa, o *E. cloeziana* é uma das que apresenta menor taxa de germinação em relação às outras espécies de eucalipto. Apesar da grande produção de sementes, a baixa germinação se dá devido à quantidade elevada de sementes malformadas e a dificuldade de separá-las do material inerte, podendo o beneficiamento ser uma solução (SALOIO et al., 2015).

Dentre as principais espécies cultivadas do gênero *Eucalyptus*, a madeira de *E. cloeziana* apresenta uma das maiores densidades, com média de $0,6 \text{ g cm}^{-3}$, comparado com $0,5 \text{ g cm}^{-3}$ das espécies *E. grandis*, *E. urophylla* e *E. urograndis* (MOURA; GUIMARÃES, 2003; GONÇALEZ et al., 2014; CHEN et al., 2017). Por apresentar uma madeira forte e durável, a espécie apresenta grande valor agregado, sendo considerada uma das melhores espécies de eucalipto para diversificação de renda, principalmente para pequenos produtores (SANTAROSA; PENTEADO; GOULART, 2017).

Chen et al. (2017) avaliaram propriedades físicas relacionadas à qualidade da madeira de oito espécies de eucalipto, calculando um índice de qualidade composto pelas variáveis volume, forma do tronco, espessura da casca, densidade e elasticidade. Dentre as espécies, *E. cloeziana* foi a que apresentou melhor índice (16,3), superando outras espécies mais cultivadas como o *E. grandis* (8,2) e *E. urophylla* (11,9), sendo então a espécie com maior potencial para utilização em plantios comerciais.

Em relação ao tronco, por apresentar uma forma regular, com formato retilíneo e colunar, a espécie é muito utilizada na fabricação de postes, serralheria, construção civil, produção de carvão, além de ser apta na fabricação de materiais de alto valor agregado, como o caso da indústria moveleira (MORA; GARCIA, 2000). A madeira de *E. cloeziana* apresenta grande aptidão ao processamento, pela sua característica de secagem fácil e apresentar grande resistência biológica (REDMAN; MCGAVIN, 2010; VIVIAN et al., 2015). Vivian et al. (2015) avaliando a quantidade de perda de massa entre *E. cloeziana* e *E. grandis*, tratadas e não tratadas, sob ataque de organismos biodeterioradores, obteve que a madeira de *E. cloeziana*, mesmo não tratada, relatou menor índice de deterioração, em relação a outra espécie.

2.2 BENEFICIAMENTO DE SEMENTES

Sementes após serem colhidas possuem grande quantidade de impurezas, tais como: sementes de plantas daninhas ou outras culturas, palha, solo, estruturas de patógenos e outros materiais inertes. Tais impurezas influenciam diretamente o processo produtivo, pois propiciam a infestação por pragas e doenças, dificultam a mecanização, além da possibilidade da disseminação de plantas invasoras (PINHO, 1999).

De acordo com Von Pinho (1999), o beneficiamento de sementes pode ser conceituado como um conjunto de operações visando melhorar ou aprimorar as características de um lote de sementes, com a eliminação de sementes de outras espécies ou cultivares, de sementes da espécie ou cultivar que apresentam características desejáveis e da posterior separação em frações mais uniformes. Baseado nos princípios da perda mínima de sementes, aumento da qualidade, eficiência e separação completa, o beneficiamento é composto, em geral, pelas operações de: recepção, pré-limpeza, secagem, limpeza, classificação por tamanho, separação por densidade, tratamento e acondicionamento (HOPPE, 2004; FERREIRA, 2010).

A limpeza das sementes proporciona aumento na qualidade do lote, assim como o tempo de viabilidade, aumentando seu valor comercial. Além do aspecto econômico, o processo produtivo também é beneficiado, visto que a prática facilita processos de secagem, armazenamento e semeadura. A utilização de peneiras e sopradores está entre as práticas mais comuns de limpeza de sementes florestais, assim como a catação manual (SENA, 2008).

Há ampla variedade de máquinas desenvolvidas para o beneficiamento; contudo, em relação às sementes florestais, observa-se um grande déficit, devido à complexidade e variação dos aspectos morfológicos dessas sementes, o que dificulta a padronização das técnicas (SILVA; FIGLIOLIA, AGUIAR, 1993). Segundo Silva et al. (1994), as sementes das espécies do gênero *Eucalyptus*, ao serem extraídas dos frutos, apresentam expressiva quantidade de impurezas e óvulos estéreis.

Trabalhos de beneficiamento com sementes do gênero *Eucalyptus* foram realizados por Filho e Filho (1974) e Silva et al. (1994), utilizando lotes de *E. grandis* e *E. maculata*, respectivamente. Filho e Filho (1974), após pré-limpeza e passagem

das sementes por peneiras de diferentes crivos, concluíram que as sementes retidas na fração de 0,59 mm tiveram maior porcentagem de germinação, ressaltando que a linha de beneficiamento adotada é promissora para a melhoria das características físicas da semente. Silva et al. (1994) realizaram a homogeneização e classificação por tamanho, por meio de peneiras de 2,00 mm, 1,68 mm, 1,41 mm e 1,19 mm, observando que as sementes retidas na abertura de 1,68 mm apresentaram melhor qualidade física e fisiológica.

Sementes de eucalipto podem apresentar até 90% de material inerte; dessa forma, é recomendada a utilização de peneiras de diferentes aberturas para separação das sementes. A abertura da peneira varia de acordo com a espécie, sendo que para *E. globulos*, *E. obliqua* e outras espécies de eucalipto da Tasmânia a recomendação é o descarte do material acima de 2,5 mm, 1,5 mm e 1,0 mm, respectivamente, assim como o material menor a 0,7 mm (CLARK; EDWARDS; NEYLAND, 2010). No caso de *E. dunnii*, devido ao tamanho similar da semente ao do material inerte, mesmo com a utilização de peneiras para limpeza, o material propagativo pode apresentar grande quantidade de impurezas (CLARKE; MCLEOD; VERCOE, 2009).

Naidu e Jones (2007) testaram o efeito do tamanho de sementes de espécies de *Eucalyptus* na sobrevivência no campo. Para tal, utilizaram três variedades de *E. grandis* e uma de *E. smithii*, as quais foram peneiradas a fim de se obter sementes de quatro frações diferentes: >1; < 1 e > 0,85; < 0,85 e > 0,71; < 0,71 e > 500 mm. Os autores identificaram que sementes provenientes da menor fração apresentaram menor germinação no viveiro, porém a sobrevivência das plantas no campo não teve correlação com o tamanho da semente.

Avaliando também o efeito do tamanho da semente em *E. cloeziana*, Saloio et al. (2015) testaram o beneficiamento com peneiras de crivo quadrado de aberturas: 1,7 mm, 1,4 mm, 1,18 mm, 1 mm, 0,8 mm e 0,7 mm. O material retido em cada peneira foi colocado para germinar e, posteriormente, foram avaliadas a germinação e o vigor. As sementes retidas nas frações 1,7 mm, 1,4 mm e 1,18 mm apresentaram maior taxa germinativa.

2.3 MODELOS ESTATÍSTICOS EM TECNOLOGIA DE SEMENTES

Em experimentos na área de tecnologia de sementes, a análise dos dados é realizada em sua maioria pela utilização da Análise de Variância (ANOVA). Tal técnica permite avaliar relações entre médias de diferentes populações, a fim de afirmar, estatisticamente, se diferem ou não. Para a utilização da ANOVA, os dados devem ser normais; logo, precisam atender alguns pressupostos: erros com distribuição normal, homogeneidade das variâncias e cada valor residual independente e com efeito aditivo (SILESHI, 2012; STROUP, 2015).

Em experimentos na ciência biológica, assim como na área de tecnologia de sementes, é comum os dados não atenderem os pressupostos acima citados (KOSMA et al, 2019). O mesmo ocorre no estudo com sementes florestais, uma vez que essas espécies apresentem baixo nível de domesticação, assim com grande variabilidade entre os dados, não atendendo à normalidade (CARVALHO; SANTANA; ARAÚJO, 2018).

Quando os dados não atendem o pressuposto de normalidade, é possível aplicar transformações dos mesmos, para que seja viável a aplicação da Análise de variância. A transformação mais comum utilizada é a arcoseno ($\sqrt{y/100}$), em que y se referente à resposta obtida. Porém, o fato de satisfazer um pressuposto não necessariamente satisfaz os outros, além disso a mudança nos dados gera uma dificuldade na interpretação dos mesmos, visto que há uma mudança na escala (ST-PIERRE; SHIKON; SCHNEIDER, 2018).

Um estudo feito por Sileshi (2012), considerando 429 trabalhos de germinação e viabilidade de sementes, nos anos de 2000 a 2012, identificou que a escolha do modelo ANOVA pelos pesquisadores foi de 70% e desses, apenas 20% realizaram os testes para identificar se os dados atendiam aos pré-requisitos da normalidade. A aplicação do modelo normal em dados não normais, acarreta maior probabilidade de inferir erroneamente a relação entre médias.

Para Sileshi (2012), em relação a forma de análise estatística em estudos de germinação e viabilidade de sementes, os principais erros cometidos são: pseudoreplicação, ignorar os pressupostos da ANOVA, transformação inadequada de dados. A pseudoreplicação ocorre quando o pesquisador aplica um tratamento em uma amostra de sementes e erroneamente considera cada unidade de semente como uma replicação.

Uma alternativa ao modelo normal em experimentos de tecnologia de sementes é a utilização dos MGL (HINDE; DEMÉTRIO, 1998). O conceito dos MLG surgiu com Nelder e Wedderburn (1972), a partir da utilização da técnica de regressão linear ponderada interativa para estimativa da máxima verossimilhança de observações com distribuição pertencente à família exponencial, a qual inclui as distribuições Normal; Binomial Negativa e Poisson. Um MLG é composto por um componente aleatório, referente a variável resposta com distribuição correspondente à família exponencial, um componente sistemático relativo às variáveis explicativas em forma de uma estrutura linear e um componente que faça a associação da variável resposta às explicativas, chamado de função de ligação.

Os MLG apresentam vantagens sobre o modelo ANOVA quando se trata de germinação de sementes, por englobarem outras distribuições, apresentando alternativas na avaliação dos dados. Ademais, a germinação em si apresenta algumas características como relação de independência entre as sementes, sendo que a germinação de uma não afeta a outra; resposta binária (germinar ou não germinar) e variabilidade na ocorrência de germinação. Essas características fazem com que outras distribuições possam atender melhor a análise estatística. Visto que os MLG se estendem além da distribuição normal, não há a necessidade de atender os pressupostos de normalidade (CRAWLEY, 2007; SANTANA, CARVALHO; TOOROP 2017; CARVALHO; SANTANA; ARAÚJO, 2018).

Apesar dos Modelos Lineares Generalizados terem sido introduzidos na década de 70, apenas 13% dos pesquisadores em estudos na área de tecnologia de sementes utilizaram tal análise (SILESHI, 2012).

Santana, Carvalho e Toorop (2017) compararam a adequação de diferentes modelos estatísticos em um teste de germinação de sementes de *Lychnophora ericoides*. Para tal, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, provenientes de 20 indivíduos da espécie, sendo contabilizada a germinação e germinação relativa (sementes que não germinaram, porém apresentavam embrião). Os dados foram analisados por testes não-paramétricos e modelos lineares generalizados, considerando a distribuição normal e a distribuição binomial. Como os dados não satisfizeram as pressuposições da normalidade, foram transformados, mas mesmo assim, o modelo linear generalizado com distribuição binomial apresentou superioridade em relação aos demais métodos.

Mora et al. (2008) utilizando sementes de orquídea, *Cattleya bicolor*, avaliaram a influência da temperatura de armazenamento e meio de cultura na germinação. Os autores testaram também diferentes modelos estatísticos, a fim de identificar o que apresentasse maior eficiência na avaliação da resposta. Foi utilizada a ANOVA, com e sem transformação dos dados, assim como MLG com distribuição binomial. Os autores identificaram que a utilização do MLG com distribuição binomial foi mais eficiente, pois identificou o efeito significativo do meio de cultura, ao passo que o modelo ANOVA não foi capaz de identificar tal efeito. Dessa forma, concluíram a importância de avaliar outros modelos estatísticos na avaliação dos dados, assim como a eficiência dos modelos lineares generalizados em trabalhos na área de tecnologia de sementes.

Avaliando a eficácia dos modelos lineares generalizados em experimentos envolvendo germinação, Carvalho, Santana e Araújo (2018), compararam a Análise de Variância com um MLG utilizando distribuição Binomial, em um experimento com sementes de *Copaifera langsdorffii*, sendo avaliado quatro métodos de superação de dormência, em três amostras de diferentes qualidades. Os modelos foram comparados utilizando os Critérios de Akaike (AIC) e Baysiano (BIC), em que os menores valores representam modelos melhor ajustados, assim como os gráficos q-q plot e da distância de Cook. Apesar dos dados atenderem as pressuposições de normalidade, todos os indicadores demonstraram um melhor ajuste dos dados aos MLG, concluindo que tal método deve ser considerado em experimentos de germinação de sementes.

3 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M.; PAIVA, H. N. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007a.
- ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia. **Revista Árvore**, v. 31, p. 445-453, 2007b.

BOLAND, DJ et al. **Forest trees: of australia**. 5. ed. Australia: CSIRO PUBLISHING, 2006. 768p.

CARVALHO, F. J.; SANTANA, D. G. DE; ARAÚJO, L. B. DE. Why analyze germination experiments using Generalized Linear Models? **Journal of Seed Science**, v. 40 n.3: p. 281-287, 2018.

CHEN, S.X.; WU, Z.H.; LI, Z.H.; XIE, Y.J.; LI, T.H.; ZHOU, Q.Y.; ARNOLD, R. Selection of species for solid wood production in southern China. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 22: p. 308–316. 2010.

CLARK, L.; EDWARDS, L.; NEYLAND, M. **Eucalypt Seed and Sowing**, Native Forest Silviculture Technical Bulletin No. 1. Tansmania: Forestry Tasmania, 2010. 62p.

CLARKE, B.; MCLEOD, I.; VERCOE, T. **Trees for Farm Forestry**: 22. Promising Species. Australia: Rural Industries Research and Development Corporation, 2009. 239p.

CRAWLEY, M.J. **The R book**. Inglaterra: Wiley, 2007. 942p.

FERREIRA, M. O histórico da introdução de espécies florestais de interesse econômico e o estado de sua conservação no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO E USO DE RECURSOS GENÉTICOS FLORESTAIS, 2000, Paranaguá. **Memórias**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 159 p.

FERREIRA, R. L. **Etapas do beneficiamento na qualidade física e fisiológica de sementes de milho**. 2010. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Unesp, Ilha Solteira, 2010.

FILHO, L. D.; FILHO, W. S. Influência do beneficiamento, em algumas características de um lote de sementes de *Eucalyptus grandis hill ex maiden*, baseado na separação pelo peso específico e tamanho. **Ipef**, n. 9: p. 91-113, 1974.

FLORES, T. B.; ALVARES, C. A.; SOUZA, V. C.; STAPE, J. L. **Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação**. Piracicaba: IPEF, 2016. 448 p.

GONÇALEZ, J. C. et al. Relações entre dimensões de fibras e de densidade da madeira ao longo do tronco de *Eucalyptus urograndis* Wood. **Scientia Forestalis**, v.42, p.81-89, 2019.

HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. G. B. Overdispersion: Models and estimation. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 27: p. 151-170, 1998.

HOPPE, J. M. **Produção de sementes e mudas florestais**. Santa Maria: [s.n], 2004. 388 p.

IBÁ. **Relatório Ibá 2019**. São Paulo, 2019. 80p.

KOSMA, M. et al. Over-dispersed count data in crop and agronomy research. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 205 n. 4: p. 414-421, 2019.

LAFETÁ, B. O. et al. Climatic suitability for *Eucalyptus cloeziana* cultivation in four Brazilian states. **Floresta**, v. 48, n. 1: p. 77-86, mar. 2018.

LORENZI, H. et al. **Árvores exóticas no Brasil**: madeireiras, ornamentais e aromáticas. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda., 2003. 385 p.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A Cultura do Eucalipto no Brasil**. São Paulo: Verso e Reverso, 2000. 112 p.

MORA et al. Generalized Lineal Models for the Analysis of Binary Data from Propagation Experiments of Brazilian Orchids. **Braz. arch. biol. technol.** v.51, n.5, p 963-970p, 2008.

MOURA, V. P. G. **O germoplasma de Eucalyptus cloezina F. Muell. no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. 9 p.

MOURA, V. P. G. **Potencial e uso de espécies de Eucalyptus e Corymbia de acordo com locais e usos**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2001. 32 p.

MOURA, V. P. G.; GUIMARÃES, D. P. **Produção de mudas de Eucalyptus para o estabelecimento de plantios florestais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. 9 p.

NAIDU, R.D.; JONES, N.B. Effect of seed size on field survival and growth of *Eucalyptus* in KwaZulu-Natal, South Africa. **Southern Hemisphere Forestry Journal**, v. 69, n. 1: p. 19–26. 2007

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized Linear Models. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 135, n. 3: p. 370–384, 1972.

REDMAN, A. L.; MCGAVIN, R. L. Accelerated Drying of Plantation Grown *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus pellita* Sawn Timber. **Forest Products Journal**, v. 60, n. 4: p. 339-345, jul. 2010.

REIS et al. **Eucalyptus cloeziana: estado da arte de pesquisas no Brasil**. Colombo: Embrapa, 2017. 45 p.

SALOIO, N. R.; TOMASCHITZ, A.; VIEIRA, E. S. N. **Beneficiamento de sementes de Eucalyptus cloeziana**. Informativo ABRATES, Brasília, DF, v. 25, n. 2, set. 2015. Edição de resumos do 19º Congresso Brasileiro de Sementes, Foz do Iguaçu, 2015.

SANTANA, D. G. DE; CARVALHO, F. J.; TOOROP, P. How to analyze germination of species with empty seeds using contemporary statistical methods? **Acta Botanica Brasilica**, v. 32 n.2: p. 271-278, 2018.

SANTAROSA, E.; PENTEADO, J.F.; GOULART, I.C.G.R. **Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Brasil: Embrapa Floresta. 2014. 138p.

Sena, C. M. **Sementes Florestais: Colheita, Beneficiamento e Armazenamento**. Natal: MMA. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Florestas. Programa Nacional de Florestas. Unidade de Apoio do PNF no Nordeste, 2008. 28p.

SILESHI, G. W. A critique of current trends in the statistical analysis of seed germination and viability data. **Seed Science Research**, v. 22 n. 3: p. 145-159, 2012.

SILVA, A.; KASAI, F.S.; CASTELLANI, E.D.; AGUIAR, I.B.; CARVALHO, N. M. Influence of size on *Eucalyptus maculata* Hook seed quality. **Revista Brasileira de Sementes** v.16: p. 187-190. 1994

SILVA, A.; FIGLIOLIA, M. B.; AGUIAR, I. B. de. Secagem, extração e beneficiamento de sementes. In: AGUIAR, I. B.de; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 303-331.

STROUP, W. W. Rethinking the Analysis of Non-Normal Data in Plant and Soil Science. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 2: p. 811-827, 2015.

ST-PIERRE, A. P.; SHIKON, V.; SCHNEIDER, D. C. Count data in biology — Data transformation or model reformation ? **Ecology and Evolution**, v. 8 n. 6: p. 3077-3085, 2018.

TRUEMAN, S.J.; MCMAHON, T.V; BRISTOW, M. Production of *Eucalyptus cloeziana* cuttings in response to stock plant temperature. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 25, n. 1: p. 60-69, 2013.

VIVIAN, M. A. et al. RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DA MADEIRA TRATADA DE *Eucalyptus grandis* E *Eucalyptus cloeziana* A FUNGOS APODRECEDORES EM ENSAIOS DE LABORATÓRIO. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1: p.175-183, mar. 2015.

VON PINHO, E. V. R. V. **Beneficiamento de Sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999.

4 CAPÍTULO I: BENEFICIAMENTO DE SEMENTES DE *Eucalyptus cloeziana*

4.1 INTRODUÇÃO

A espécie *Eucalyptus cloeziana*, em razão da sua alta fixação de carbono, apresenta madeira com densidade elevada, superando outras espécies do mesmo gênero mais recorrentes em cultivos florestais, como é o caso de *E. grandis* e *E. urophylla* (CHEN et al., 2010; LI et al., 2017). Tal característica faz com que seja tradicionalmente considerada quando se visa produção de energia; além disso, sua madeira é extremamente forte e durável, sendo empregada com frequência na construção civil, fabricação de postes, dormentes ferroviários e produtos com grande valor agregado, como o caso da indústria moveleira (BOLAND et al., 2006; ATYEO; MCGALVIN; HOPEWELL, 2008; CLARKE; MCLEOD; VERCOE, 2009). A espécie é

citada dentro do gênero *Eucalyptus* como forma de diversificação de renda, principalmente de pequenos produtores (SANTAROSA; PENTEADO; GOULART et al., 2014).

O *Eucalyptus* é o gênero florestal mais cultivado no Brasil e, apesar das características interessantes da espécie, *E. cloeziana* é pouco utilizada. Tal fato está relacionado às dificuldades de multiplicação, pois a forma tradicional de propagação do *Eucalyptus*, por clonagem, é inviável pela baixa capacidade de enraizamento da estaca (TORMEN et al., 2018); já as sementes produzidas, apesar de serem em grande quantidade, apresentam germinação inferior à de outras espécies do mesmo gênero. Neste sentido, alguns autores (CLARKE; MCLEOD; VERCOE, 2009; ERICKSON et al., 2016) sugeriram que a característica de baixa germinação pode não estar ligada a qualidade semente, mas sim a grande proporção de impurezas indistinguíveis presentes no lote de sementes após a colheita. Em algumas espécies de *Eucalyptus*, impurezas podem representar até 90% de todo o material, porém, em espécies como *E. globulos* e *E. amygdalina*, que apresentam sementes grandes, as impurezas podem ser facilmente separadas, ao passo que no *E. cloeziana* isso não é possível, em razão do tamanho reduzido e da coloração semelhante das sementes em relação ao material inerte (CLARK; EDWARDS; NEYLAND, 2010).

Sabe-se que contaminantes indesejáveis, como sementes imaturas e material inerte, podem ser eliminados pela operação de beneficiamento, a qual tem por finalidade a separação das impurezas por meio das características físicas da semente, contribuindo assim para a melhoria da qualidade do lote. Logo, o presente manuscrito teve por objetivo desenvolver uma técnica eficiente para o beneficiamento de sementes de *Eucalyptus cloeziana*, de forma a conferir maior pureza física ao lote e, conseqüentemente, elevar a taxa de germinação.

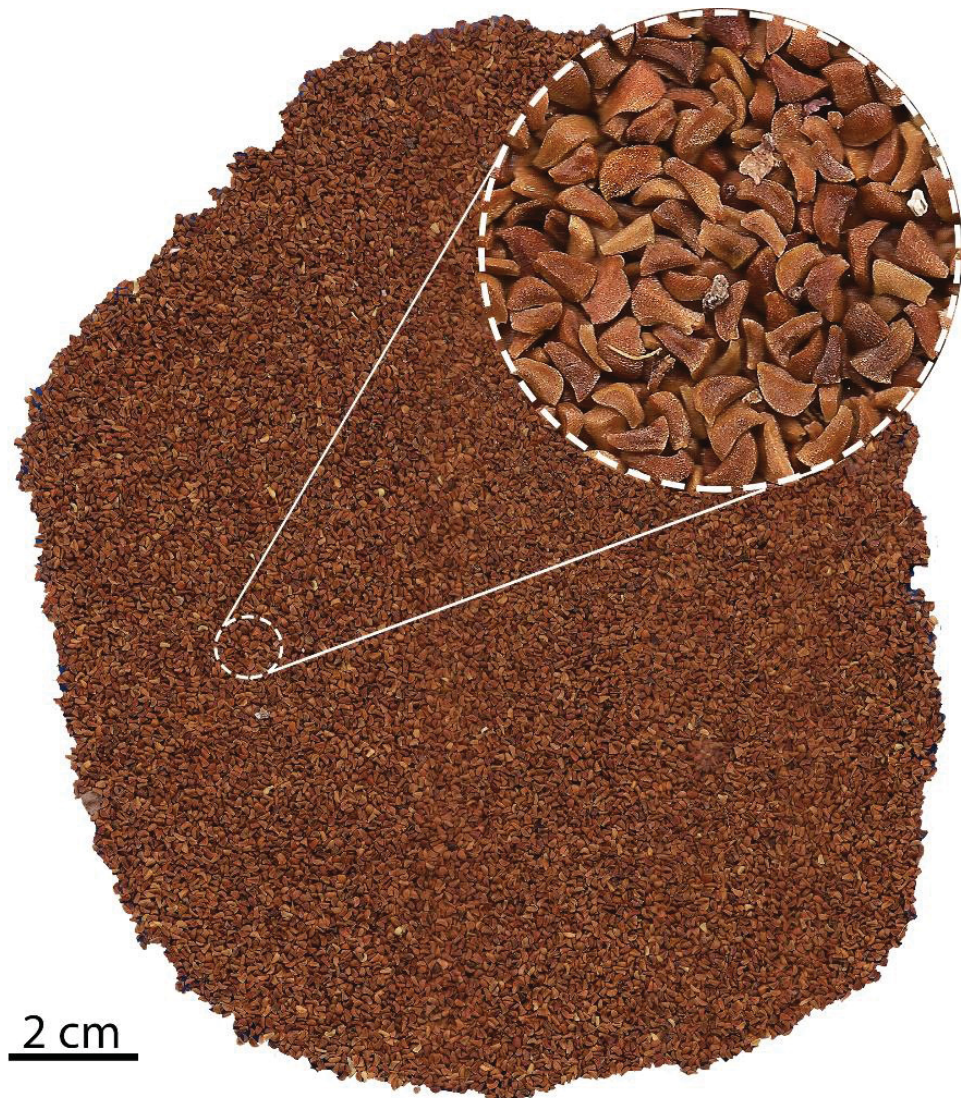
4.2 MATERIAL E MÉTODOS

As atividades foram desenvolvidas nos Laboratórios de Análise de Sementes da Universidade Federal do Paraná (Curitiba - PR), da Embrapa Florestas (Colombo - PR) e de Análise de Sementes da Universidade Federal de Lavras (Lavras - MG).

Foram utilizados três lotes de sementes de *Eucalyptus cloeziana*, fornecidos pela empresa Conflora Reflorestadora e produzidas no município de Antônio João

(Mato Grosso do Sul, Brasil). Na FIGURA 1 está representado um dos lotes de sementes de *E. cloeziana*, com detalhe ampliado evidenciando a dificuldade de distinção visual entre impurezas e semente.

FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO DE UM DOS LOTES DE SEMENTES DE *Eucalyptus cloeziana* NÃO BENEFICIADAS. NO DETALHE, UMA APROXIMAÇÃO ILUSTRANDO A DIFICULDADE DE DISTINÇÃO VISUAL ENTRE IMPUREZAS E SEMENTE.



Cada lote de sementes recebido foi inicialmente homogeneizado com o auxílio de um divisor de solos e as sementes separadas por tamanho por meio de peneiras de crivo quadrado com aberturas de 1,18 mm; 1,00 mm e 0,84 mm. Foram coletadas as sementes retidas nas peneiras de 1,18, 1,00 mm e as menores que 0,84 mm. Cada fração foi homogeneizada e reduzida novamente, a fim de obter uma amostra média com peso mínimo de 40 g (BRASIL, 2009) e, posteriormente, a amostra de trabalho.

As seguintes determinações foram realizadas:

4.2.1 Teste de raio-X

Para confirmar a correta separação das sementes de impurezas e, identificação das características anatômicas ideais da semente de forma a diferenciá-la do material inerte, efetuou-se análise em aparelho de raio-X das sementes beneficiadas e não beneficiadas. Esta determinação foi realizada na Universidade Federal de Lavras, no Laboratório Central de Análise de Sementes, sendo utilizada uma máquina de raio-X Faxitron HP, modelo 43855AX, calibrada automaticamente para 35Kv de intensidade de exposição por 17,7 segundos. Para a análise, foram utilizadas 200 sementes por tratamento, divididas em quatro repetições de 50 sementes cada, sendo fixadas em folha de acetado com o auxílio de fita adesiva dupla-face transparente. As imagens radiografadas digitais foram analisadas em computador, sendo que cada semente foi classificada como cheia ou vazia.

4.2.2 Teste de germinação

As amostras beneficiadas foram colocadas para germinar, divididas em quatro subamostras (repetições) de 0,5 g, semeadas sobre areia em caixas plásticas (11,0x11,0x3,5 cm). O substrato areia foi peneirado para obtenção de material de granulometria média (menor que 1,00 mm e maior que 0,10 mm). Posteriormente, a areia foi esterilizada em autoclave, a 200 °C por 60 minutos.

O substrato foi umedecido com 20 mL de água, sendo equivalente a 50% da capacidade de retenção. As caixas foram colocadas em germinador do tipo Mangelsdorf a 25°C, sob luz contínua, sendo a primeira contagem do teste realizada aos 14 dias após a semeadura e a última após 21 dias (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em número de plântulas normais por kg de sementes.

4.2.3 Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

Juntamente com o teste de germinação, foram realizadas avaliações diárias a partir do surgimento da primeira plântula normal até a estabilização da germinação. O IVG foi calculado utilizando a fórmula de Maguire (1962):

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

Em que: $G_1 + G_2 + G_n$ se referem ao número de sementes germinadas observadas da primeira até a última contagem; $N_1 + N_2 + N_n$ o número de dias decorridos da semente à primeira, segunda, até a última contagem, respectivamente.

O delineamento utilizado para as avaliações de germinação foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 3, sendo o primeiro fator referente ao beneficiamento (T = testemunha/sem beneficiamento; P1,18 = peneira com abertura de 1,18mm; P1,0 = peneira com abertura de 1,00 mm, e P0,84 = peneira com abertura de 0,84 mm) e o segundo fator relativo ao lote (L1, L2 e L3), totalizando 48 unidades experimentais.

4.2.4 Porcentagem de emergência de plântulas

Realizada em casa de vegetação localizada na Embrapa Florestas, Colombo – PR, utilizando as sementes retidas nas peneiras com aberturas de 1,18 mm e 1,00 mm, semeadas em tubetes de 110 cm³, contendo substrato comercial para plantas classe “F” com a seguinte composição informada pelo fabricante: turfa de esfagno, vermiculita expandida, casca de arroz carbonizada, calcário dolomítico, gesso agrícola, fertilizante NPK e micronutrientes. Foram realizadas adubação de plantio e crescimento. Para a adubação de plantio utilizou-se: 0,6 kg m⁻³ de sulfato de amônio; 4 kg m⁻³ de superfostato simples; 0,2 kg m⁻³ de cloreto de potássio e 1,5 kg m⁻³ de FTE BR 10 conforme recomendado por Kratz (2017). Foi realizada irrigação por nebulização quatro vezes ao dia, sendo uma realizada no turno da manhã e, as outras três, à tarde, com duração de 10 minutos cada período de rega.

4.2.5 Índice de velocidade de emergência (IVE)

Conduzido simultaneamente com a emergência em casa-de-vegetação, sendo as avaliações diárias realizadas a partir do 7º dia, com surgimento da primeira plântula normal até a estabilização da emergência no 25º dia. O IVE foi calculado utilizando a fórmula de Maguire (1962):

$$IVE = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n},$$

Em que: $E_1 + E_2 + E_n$ se referem ao número de plântulas normais observadas da primeira até a última contagem; $N_1 + N_2 + N_n$ o número de dias decorridos da semeadura à primeira, segunda, até a última contagem, respectivamente.

O delineamento empregado nos estudos de emergência foi o inteiramente casualizado com cinco repetições de 10 tubetes com seis sementes cada, em esquema fatorial 3 x 3, sendo o primeiro fator referente ao beneficiamento (T = testemunha/sem beneficiamento; P1,18 = peneira com abertura de 1,18mm; e P1 = peneira com abertura de 1,00 mm) e o segundo fator relativo ao lote (L1, L2 e L3).

4.2.6 Análise estatística

A análise estatística do trabalho baseou-se na utilização dos Modelos Lineares Generalizados (MLG), em que cada resposta (frequência de sementes cheias, sementes germinadas, IVG, porcentagem de emergência e IVE) foi avaliada sob diferentes distribuições condizentes às características dos dados, a fim de obter o modelo mais ajustado e conseqüentemente maior qualidade na inferência. A avaliação da adequação dos modelos aos dados foi feita pelo Critério de Akaike e Critério Bayesiano de Schwarz (OLSSON, 2002), em que os menores índices representam modelos com melhor ajuste:

$$AIC = -2 \log L + 2 p$$

$$BIC = -2 \log L + p \log n$$

Em que p = número de parâmetros do modelo; L = valor da razão da máxima verossimilhança para modelo e n = número de observações.

A distribuição Normal, com função identidade de ligação, foi testada em todos os dados, onde o número de plântulas normais e a frequência de sementes cheias foram comparados com as distribuições de Poisson e Binomial Negativa, ambas com função *log* de ligação. Na porcentagem de plântulas emergidas, empregou-se a

distribuição Binomial com função logística de ligação; e para os Índices de Velocidade de Germinação e Emergência empregou-se a Distribuição Gamma com função inversa de ligação.

Para o número de plântulas normais e a frequência de sementes cheias, empregou-se distribuição de Poisson, uma vez que foi melhor ajustado, sendo representada por:

$$f(y; \mu) = \frac{\mu^y e^{-\mu}}{y!}$$

Em que y : Número de plântulas normais e μ : média de plântulas normais; o IVG foi analisado pela distribuição gama:

$$f(y; \mu, \nu) = \frac{\left(\frac{\nu}{\mu}\right)^\nu}{\Gamma(\nu)} y^{\nu-1} \exp\left\{-\frac{y\nu}{\mu}\right\}$$

Em que y : Número de plântulas normais, μ : média de plântulas normais e ν : função de variância; e a porcentagem de emergência e IVE pela distribuição mais adequada foi a normal:

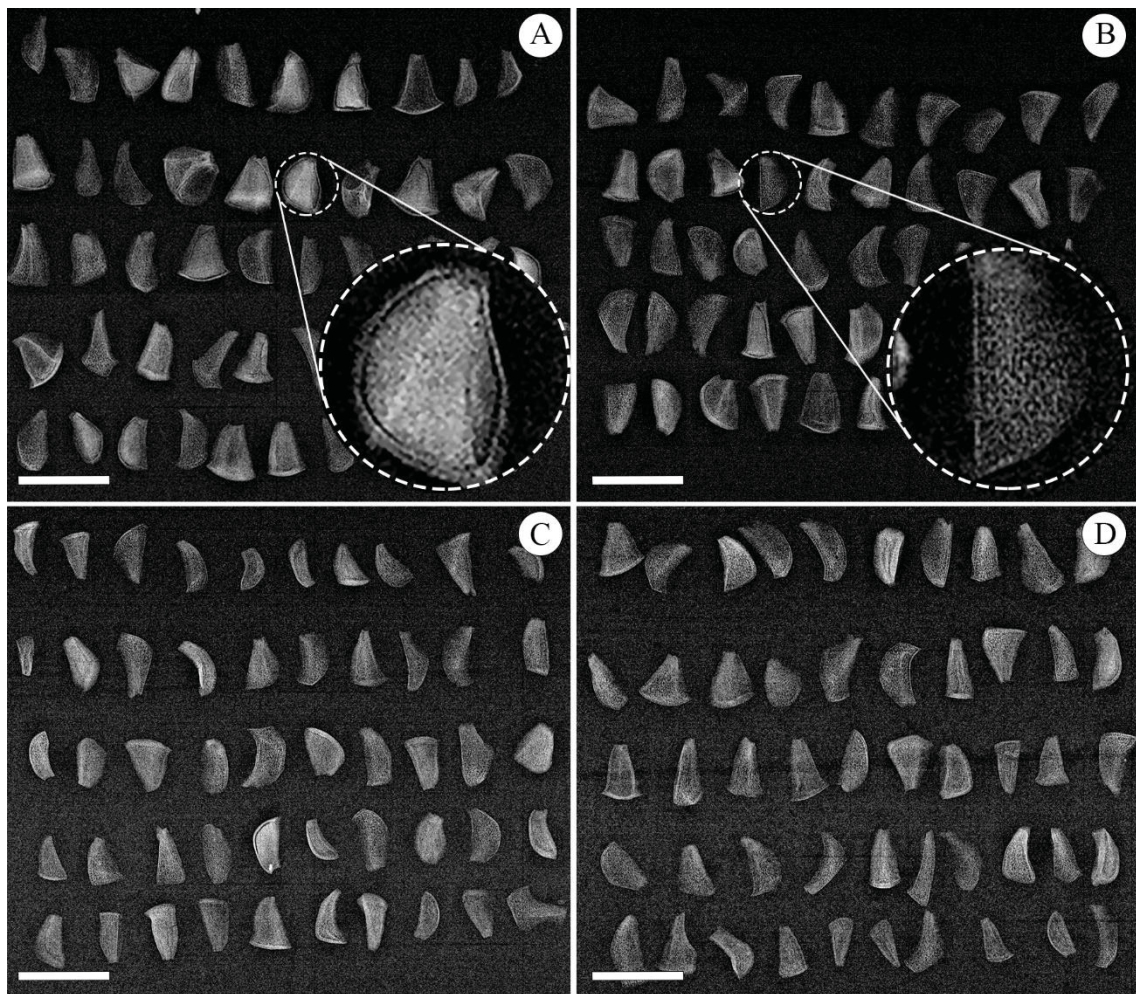
$$f(y; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(y - \mu)^2}{\sigma^2}\right]$$

Foi utilizado o teste de Tukey para comparação das médias considerando o nível de significância de 0,05. Todas as análises foram realizadas no programa R, versão 3.5.2.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

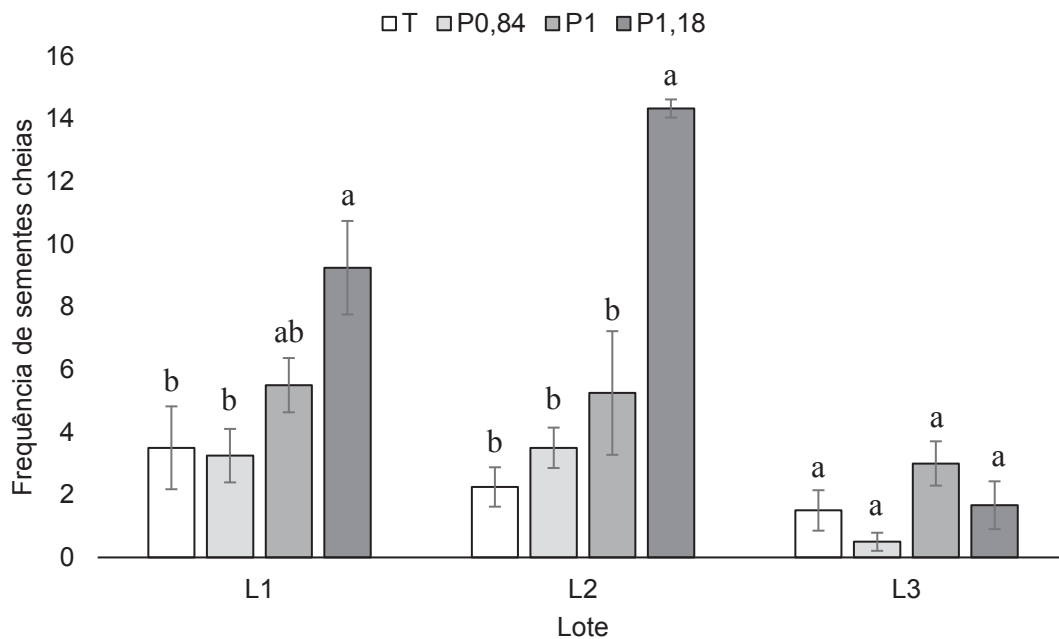
Pela análise de raio-X representada pelo lote 2 (FIGURA 2), pode-se observar em todas as frações testadas (A=1,18 mm; B= < 1,18 mm e > 1,00 mm; C= < 0,84 mm; D= testemunha/ sem beneficiamento) a presença de sementes cheias (com parte interna branca opaca e circundada por uma linha escura) e de sementes não fertilizadas / chochas (mais escuras e translúcidas). Conforme os resultados do teste de raio-X, verificou-se que realmente não há possibilidade das sementes cheias de *E. cloeziana* serem distinguidas somente por avaliação visual, seja pela forma ou pelo tamanho.

FIGURA 2 – ANÁLISE DE RAIO-X DO LOTE 2, REFERENTE ÀS DIFERENTES FRAÇÕES SEPARADAS DE *Eucalyptus cloeziana*: MAIOR QUE 1,18 MM (A), ENTRE 1,18 E 1MM (B), MENOR QUE 0,84 MM (C) E TESTEMUNHA (D). AMPLIAÇÃO EM A DETALHANDO AS CARACTERÍSTICAS DE UMA SEMENTE CONSIDERADA CHEIA. AMPLIAÇÃO EM B DETALHANDO AS CARACTERÍSTICAS DE UMA SEMENTE CONSIDERADA CHOCHAVAZIA. AS BARRAS REPRESENTAM ESCALA DE 2 MM.



Observa-se na FIGURA 3 que, nos lotes 1 e 2, a testemunha (T) e o material inferior à 0,84 mm (P0,84) revelaram as frequências mais baixas de sementes cheias, ao passo que o material retido na peneira de abertura de 1,18 mm (P1,18) apresentou a maior proporção de sementes cheias em relação às vazias/chochas.

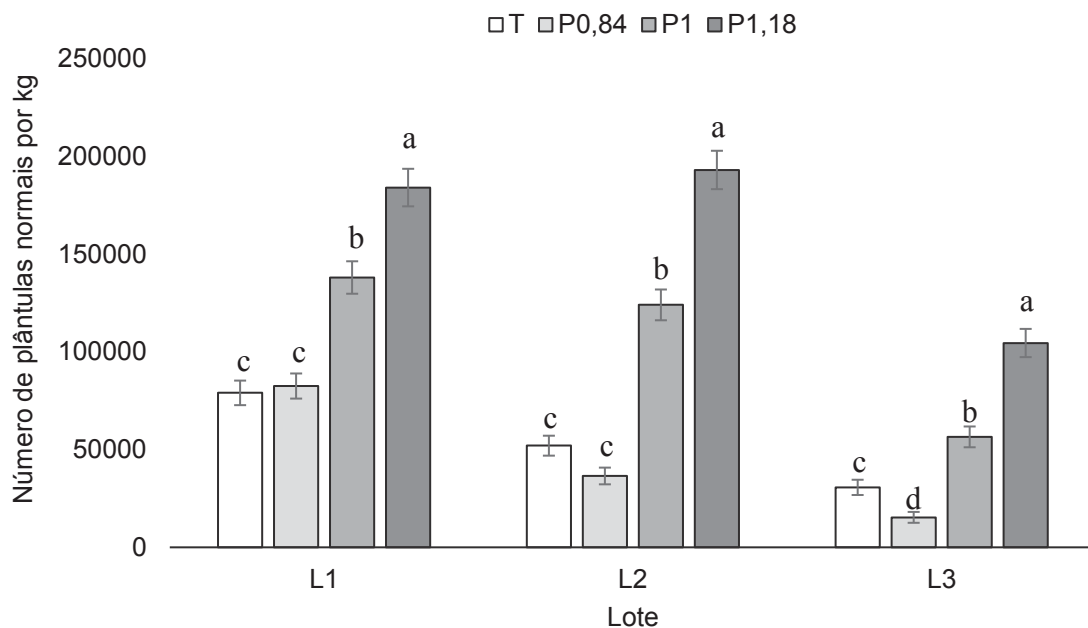
FIGURA 3 – FREQUÊNCIA DE SEMENTES CHEIAS OBSERVADA NA ANÁLISE DE RAIOS-X, DE SEMENTES DE *Eucalyptus cloeziana* RETIDAS NAS PENEIRAS DE 1,18 mm (P1,18), 1,00 mm (P1), MENORES QUE 0,84 mm (P0,84) E NÃO BENEFICIADAS (T), DE TRÊS LOTES (L1, L2 E L3).



Vale salientar que para o lote 3 (FIGURA 3) a frequência de sementes cheias não diferiu estatisticamente entre as peneiras, possivelmente pelo fato deste lote ser de qualidade física inferior quando comparado aos demais; assim, o número limitado de sementes utilizadas no teste de raio-X não foi suficiente para expressar a diferença observada nas outras peneiras. As cápsulas de eucalipto apresentam sementes viáveis e óvulos não fertilizados e a proporção, segundo Boland et al. (2006) pode variar de acordo com fatores climáticos, estresses abióticos e características fisiológicas de cada planta; estes fatores podem ter contribuído para a variação observada nos lotes.

Para os três lotes, o material retido nas peneiras de 1,18 mm (P1,18) e 1,00 mm (P1) apresentam aumento significativo no número de plântulas normais no teste de germinação (FIGURA 4). Para os três lotes as sementes oriundas do beneficiamento na peneira de maior abertura (1,18) apresentam maior valor de plântulas normais, com média aproximadamente três vezes maior que a testemunha.

FIGURA 4 – NÚMERO DE PLÂNTULAS NORMAIS POR KG DE *Eucalyptus cloeziana* PROVENIENTE DE SEMENTES RETIDAS NAS PENEIRAS DE 1,18 mm (P1,18), 1,00 mm (P1), MENORES QUE 0,84 mm (P0,84) E NÃO BENEFICIADAS (T), DE TRÊS LOTES (L1, L2 E L3).



O número excessivo de impurezas (sementes chochas e material inerte) junto ao lote gera dificuldades nos tratamentos culturais para a produção de mudas, visto que a espécie é propagada prioritariamente por sementes (CLARKE; MCLEOD; VERCOE, 2009). O excesso de impurezas obriga a utilização de grande quantidade de material, gerando variação na quantidade de plântulas emergidas por recipiente e elevando os custos de produção em viveiros comerciais, com práticas de repicagem e raleio.

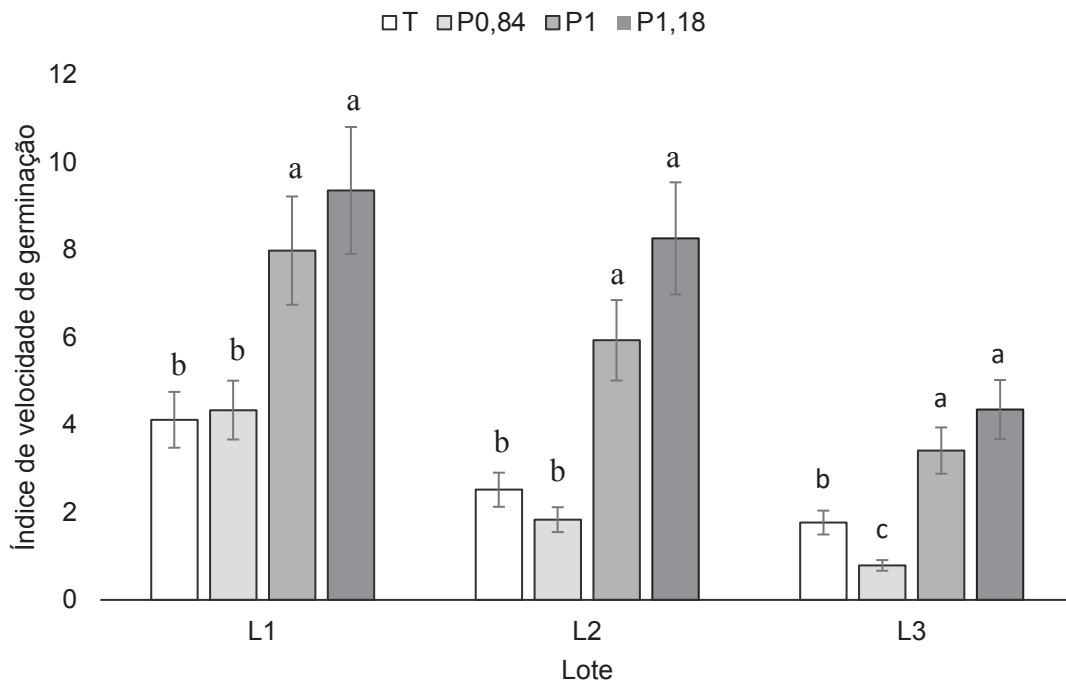
O aumento do número de plântulas normais, obtido após a operação de beneficiamento, pode ser atribuído, especialmente, ao aumento da proporção de sementes puras (PAZ; MAZER; MARTINE-RAMOS, 2005; LARIOS et al., 2014; WANG et al., 2017) após a separação das impurezas.

Assim como no presente trabalho, a utilização de peneiras foi efetiva na diminuição do número de material inerte em sementes de *Eucalyptus maculata* (SILVA et al., 1994), sendo relatado que o material retido em peneiras de 2,0 e 1,68 mm apresentaram valores de 92 e 97% de sementes puras, respectivamente, enquanto

que na fração inferior a menor peneira (1,19 mm) a quantidade foi de apenas 0,9%, sendo que a maioria das impurezas eram provenientes de óvulos não fecundados.

Em relação ao vigor, verificou-se pelo Índice de Velocidade de Germinação (FIGURA 5) que a utilização de sementes retidas nas peneiras 1,00 (P1) e 1,18 mm (P1,18) proporcionaram aumento de 2 a 3 vezes na velocidade de germinação, em relação à da testemunha (T).

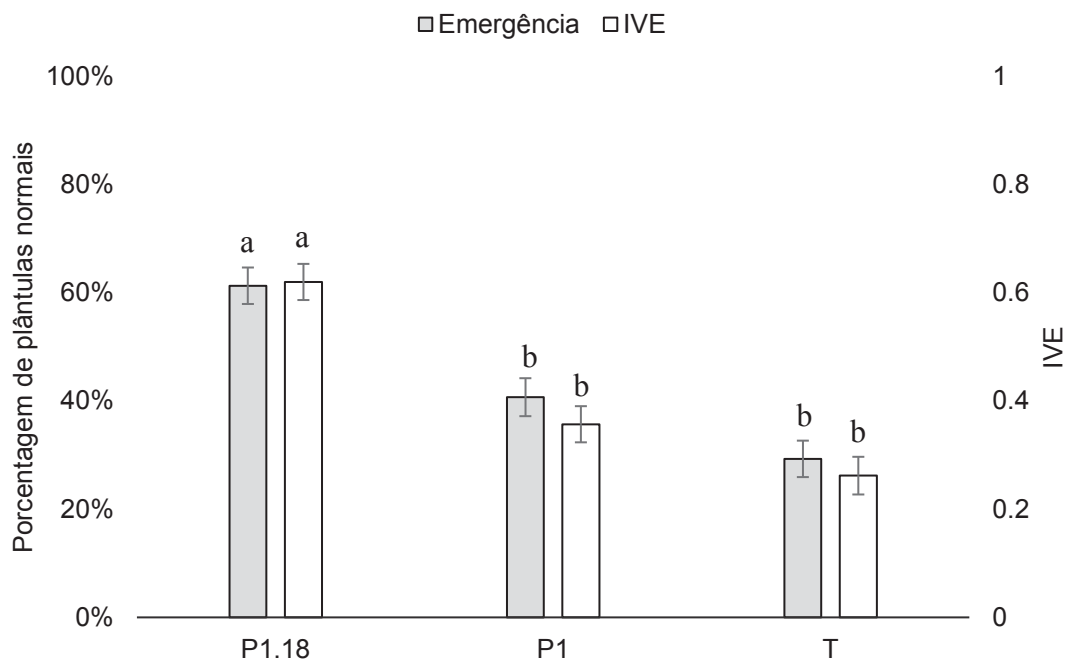
FIGURA 5 – ÍNDICE DE VELOCIDADE DE GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Eucalyptus cloeziana* RETIDAS NAS PENEIRAS DE 1,18 mm (P1,18), 1,00 mm (P1), MENORES QUE 0,84 mm (P0,84) E NÃO BENEFICIADAS (T), DE TRÊS LOTES (L1, L2 E L3).



Na casa-de-vegetação (FIGURA 6), somente sementes retidas apenas nas peneiras de 1,18 mm e 1 mm foram utilizadas, pois tratamento relativo as sementes retidas na peneira de abertura de 0,84 mm apresentaram baixo desempenho nos testes de laboratório, assim não houve justificativa para prosseguir com o tratamento. As sementes de *E. cloeziana* de tamanho superior a 1,18 mm apresentaram aumento significativo em relação à testemunha (o dobro), tanto na porcentagem de emergência quanto na velocidade de emergência. A testemunha apresentou apenas 29% de emergência de plântulas normais e 0,262 de IVE, não diferindo estatisticamente das

sementes retidas na peneira de 1,00 mm. Tal resultado corrobora com os dados de germinação obtidos em laboratório que demonstraram a eficácia da utilização da peneira de 1,18mm, na qual as sementes apresentaram maior probabilidade de produzir uma plântula normal e, neste processo, demandam menor tempo.

FIGURA 6 – PORCENTAGEM E VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA EM CASA-DE-VEGETAÇÃO DE SEMENTES DE PLÂNTULAS DE *Eucalyptus cloeziana* PROVENIENTES DE SEMENTES RETIDAS NAS PENEIRAS DE 1,18 mm (P1,18), 1 mm (P1) E NÃO BENEFICIADAS (T), DE TRÊS LOTES (L1, L2 E L3).



Mao et al. (2019) consideraram o tamanho da semente uma das características mais importantes na produção de plântulas de *Pinus thunbergii*, visto que sementes maiores apresentam índices mais elevados de sobrevivência, como consequência do maior teor de açúcar solúvel que apresentam, incidindo principalmente sobre o vigor da semente (AMBIKA; MANONMANI; SOMASUNDAR, 2014).

Assim como no presente artigo, Naidu e Jones (2007) utilizando sementes de *E. grandis* e *E. smithii* obtiveram emergência de até 50% a mais em viveiro, com sementes classificadas como grandes (>1,00 mm), em relação às classificadas pelos autores como pequenas (entre 0,5 e 0,71 mm).

Visto que um dos entraves apontados para o maior uso da espécie *E. cloeziana* é a dificuldade na produção de mudas produzidas por sementes, a obtenção de sementes com maior taxa de emergência facilitaria o processo de produção de mudas e, conseqüentemente, diminuiria as barreiras para expansão da cultura.

Já no caso de *E. cloeziana*, não foram encontrados na literatura trabalhos abordando o beneficiamento das sementes. Assim, a técnica desenvolvida no presente trabalho se mostra promissora, em razão da eficiência e da facilidade da aplicação, podendo ser empregada por viveiros comerciais e produtores de forma geral.

4.4 CONCLUSÃO

A classificação por tamanho é uma forma eficiente para aumentar a pureza física e fisiológica de lotes de semente de *Eucalyptus cloeziana*.

4.5 REFERÊNCIAS

AMBIKA, S.; MANONMANI, V.; SOMASUNDAR, G. Review on Effect of Seed Size on Seedling Vigour and Seed Yield. **Research Journal of Seed Science**, v. 7: p. 31–38. 2014.

ATYEO, W.J.; MCGAVIN, R.L.; HOPEWELL, G.P. **Evaluation of wood characteristics of tropical post-mid-rotation plantation *Eucalyptus cloeziana* and *E. pellita*: Part (d) Veneer and plywood potential**. Australia: Forest&Wood Products Australia, 2008, 39p.

BOLAND, DJ et al. **Forest trees: of australia**. 5. ed. Australia: CSIRO PUBLISHING, 2006. 768p.

BRASIL. 2009. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 399p.

CHEN, S.X.; WU, Z.H.; LI, Z.H.; XIE, Y.J.; LI, T.H.; ZHOU, Q.Y.; ARNOLD, R. Selection of species for solid wood production in southern China. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 22: p. 308–316. 2010.

CLARK, L.; EDWARDS, L.; NEYLAND, M. **Eucalypt Seed and Sowing**, Native Forest Silviculture Technical Bulletin No. 1. Tasmania: Forestry Tasmania, 2010. 62p.

Clarke, B.; McLeod, I.; Vercoe, T. 2009. Trees for Farm Forestry: 22. Promising Species. Rural Industries Research and Development Corporation, Canberra, Australia.

ERICKSON et al. **Pilbara seed atlas and field guide: plant restoration in Australia's arid northwest**. Australia: CSIRO Publishing, 2016. 312p.

KRATZ et al. Physic-chemical properties and substrate formulation for *Eucalyptus* seedlings production. **Scientia Forestalis**, v. 45: p. 63-76. 2017.

LARIOS, E.; BÚRQUEZ, A.; BECERRA, J.X.; VENABLE, D.L. Natural selection on seed size through the life cycle of a desert annual plant. **Ecology**, v. 95: p.3213–3220. 2014.

Li et al. Genetic parameters for growth and wood mechanical properties in *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **New Forests** v. 48: p. 33–49. 2017.

MAGUIRE, J.D. Speed of Germination—Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor. **Crop Science**, v. 2: p. 176-177. 1962.

Mao et al. Effects of seed size and sand burial on germination and early growth of seedlings for coastal *Pinus thunbergii* Parl. in the Northern Shandong Peninsula, China. **Forests**, v. 10: p. 281-295. 2019.

NAIDU, R.D.; JONES, N.B. Effect of seed size on field survival and growth of *Eucalyptus* in KwaZulu-Natal, South Africa. **Southern Hemisphere Forestry Journal**, v. 69, n. 1: p. 19–26. 2007.

OLSSON, U. **Generalized Linear Models: An Applied Approach**. Suécia: Studentlitteratur, 2002. 232p.

PAZ, H.; MAZER, S.J.; MARTINEZ-RAMOS, M. Comparative ecology of seed mass in *Psychotria* (Rubiaceae): Within- and between-species effects of seed mass on early performance. **Functional Ecology** v. 19: p. 707–718. 2005.

SANTAROSA, E.; PENTEADO, J.F.; GOULART, I.C.G.R. **Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Brasil: Embrapa Floresta. 2014. 138p.

SILVA et al. Influence of size on *Eucalyptus maculata* Hook seed quality. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 16: p. 187-190. 1994.

TORMEN et al. Carbohydrate sources, alanine and calcium for in vitro multiplication of *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Iheringia - Serie Botanica**, v. 73: p. 329–335. 2018.

WANG et al. Effects of sand burial and seed size on seed germination, seedling emergence and seedling biomass of *Anabasis aphylla*. **Pakistan Journal of Botany**, v. 49: p. 391-396. 2017.

5 CAPÍTULO II: ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELOS ESTATÍSTICOS EM DADOS DE CONTAGEM DE *Eucalyptus cloeziana*

5.1 INTRODUÇÃO

Dados de contagem podem ser conceituados como a representação da frequência com que um evento específico ocorre, produzindo como resultado valores inteiros não negativos (KOSMA et al., 2019). No campo da ciência biológica, estão presentes normalmente nos mais variados experimentos, como por exemplo na análise de colônias fúngicas (PEREIRA et al., 2016); na contabilização de espécies de plantas daninhas em determinada área (HEAP; DUKE, 2017); e no número de folhas por plântulas (SILVA et al., 2019).

Em análise de sementes, a determinação da viabilidade de um lote pode ser realizada pelo teste de germinação, o qual de acordo com a espécie avaliada pode ser conduzido por repetição de um número fixo de sementes (com a resposta expressa em porcentagem de plântulas normais) ou pela utilização de uma massa específica

de sementes (em que é contabilizado o número de plântulas normais), sendo este último caso recomendado para sementes de *Eucalyptus*, gênero florestal mais cultivado no Brasil, com aproximadamente 73% de toda área florestal plantada (IBÁ, 2019).

Entre as espécies do gênero *Eucalyptus*, a *E. cloeziana* destaca-se por sua madeira forte e durável, que apresenta maior densidade do que outras espécies de seu gênero, sendo comumente utilizada na construção e em produtos de alto valor agregado, como na indústria de móveis (HICKS; CLARK, 2001; BOLAND et al., 2006; CHEN et al., 2017)

Nos estudos de tecnologia de sementes, a análise de variância (ANOVA) é a escolha majoritária de método estatístico para avaliação de dados por parte dos pesquisadores; porém, essa escolha está mais ligada à ortodoxia do que ao desempenho do modelo (SILESHI, 2012; SANTANA; CARVALHO; TOOROP, 2018).

A análise de variância exige que os seguintes pressupostos sejam atendidos: homogeneidade da variância; erro com distribuição normal e independente. No entanto, dados produzidos por experimentos envolvendo contagens na área de Ciências Biológicas frequentemente não atendem a tais pressupostos (ST-PIERRE; SHIKON; SCHNEIDER, 2018; KOSMA et al., 2019), como podem ser observados nos estudos com sementes de espécies pouco melhoradas geneticamente as quais apresentam taxa elevada de variabilidade, como é o caso de sementes florestais (CARVALHO; SANTANA; ARAÚJO, 2018). Sileshi (2012) revelou que em 429 trabalhos com dados de viabilidade de sementes, publicados entre 2002 a 2012, 70% dos pesquisadores utilizaram a ANOVA para analisar os dados, sendo que desses, apenas 20% realizaram testes para verificar a homogeneidade da variância e normalidade dos resíduos. Tal desconsideração pode acarretar uma inflação da probabilidade de ocorrência de erros do tipo 1, em que são considerados diferentes tratamentos iguais ou do tipo 2 em há a errônea aceitação da hipótese de nulidade (KIKVIDZE; MOYA-LARAÑO, 2008).

Uma maneira de contornar o problema da não normalidade é por meio de transformação dos dados; porém, nem sempre se dispõe de uma transformação particular capaz de satisfazer todos os pressupostos da análise. Além disso, a mudança de dados gera uma dificuldade na interpretação dos resultados em decorrência da alteração de escala (ST-PIERRE; SHIKON; SCHNEIDER, 2018).

Sendo assim, a reformulação do modelo estatístico em detrimento à transformação dos dados configura uma solução vantajosa.

Neste contexto, os Modelos Lineares Generalizados (MLG) surgem como alternativa geral à ANOVA na análise de dados em experimentos com germinação de sementes. Para estes casos, em que a resposta é em porcentagem, Santana, Carvalho e Toorop (2018), utilizando sementes de *Lychnophora ericoides*, e Carvalho, Santana e Araújo (2018) em sementes de copaíba, identificaram que MLG com distribuição binomial proporcionam ajuste mais adequado aos dados, mesmo onde os pressupostos da ANOVA foram atendidos.

Nelder e Wedderburn (1972) introduziram a classe de MLG como uma extensão dos modelos lineares, aplicado a dados pertencentes à família exponencial, vide distribuições normal, Poisson, binomial negativa. Um MLG é composto por um componente aleatório, referente à variável resposta; um sistemático, relativo às variáveis explicativas; e uma função de ligação, responsável por conectar os componentes. Apesar da teoria de Modelos Lineares Generalizados ter sido apresentada a partir de 1970, até 2012 apenas 13% dos estudos de germinação utilizaram esses modelos; em contrapartida, em dados não normais de contagem nas demais áreas da ciência biológica, a utilização foi de aproximadamente 52% (SILESHI, 2012; ST-PIERRE; SHIKON; SCHNEIDER, 2018)

Na teoria de MLG, as distribuições Poisson e Binomial Negativa são usualmente aplicadas na análise de dados de contagem. A distribuição de Poisson é geralmente a primeira opção para análise; entretanto, tal distribuição assume que $E[Y_i] = Var[Y_i] = \mu_i$, em que Y_i ($i = 1, 2, \dots, n$) é a variável dependente, ou seja, a variância dos dados deve que ser igual a média; quando a variância é maior que a média ocorre o fenômeno chamado de superdispersão, inviabilizando o uso desse modelo. Neste sentido, modelos alternativos ao Poisson podem ser utilizados, como é o caso da binomial negativa (HINDE; DEMÉTRIO, 1998). Quanto melhor ajustado o modelo, mais consistentes serão as inferências realizadas. Logo, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o modelo mais adequado, na classe dos MLG, para dados de contagem em sementes de *Eucalyptus cloeziana*.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

As atividades foram desenvolvidas nos Laboratórios de Análise de Sementes da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, e da Embrapa Florestas, em Colombo, Paraná.

Os dados foram obtidos a partir de teste de germinação conduzido com três lotes de sementes de *Eucalyptus cloeziana* fornecidos pela empresa CONFLORE Reflorestadora e produzidas no município de Antônio João (Mato Grosso do Sul, Brasil), os quais foram classificados por tamanho, formando os seguintes tratamentos: material sem beneficiamento (testemunha) e material beneficiado por classes de tamanho, a saber: pequeno (<0,84mm), médio (entre 1,00 e 1,18mm) e grande (>1,18mm) (BRASIL, 2009).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 3, sendo o primeiro fator referente ao beneficiamento (T1-testemunha; T2 – pequeno; T3 – médio; e T4 – grande) e o segundo fator relativo ao lote (L1, L2 e L3), totalizando 48 unidades experimentais.

A semeadura foi realizada com quatro repetições de 0,5 gramas de material propagativo, em caixas plásticas transparentes (11,0x11,0x3,5 cm), sobre substrato areia, previamente esterilizada e umedecida com água à 50% da capacidade de campo, colocadas em germinador do tipo *Mangelsdorf*, a 25°C, sob luz contínua, sendo a primeira contagem de plântulas normais realizada aos 14 dias após a semeadura e a última aos 21 dias.

A análise baseou-se na utilização dos Modelos Lineares Generalizados (MLG), os quais englobam as distribuições: Normal; Poisson; e Binomial Negativa. Tais distribuições pertencem a família exponencial paramétrica, logo as respectivas funções densidade de probabilidade (CORDEIRO; DEMÉTRIO, 2013):

$$f(y; \theta, \phi) = \exp \left[\frac{(y(\theta) - b(\theta))}{a(\phi)} + c(y; \phi) \right]$$

Em que θ : parâmetro canônico de distribuição; ϕ : parâmetro de dispersão; $a(\cdot)$, $b(\cdot)$ e $c(\cdot)$: são funções reais referentes a cada distribuição.

Em relação a distribuição normal, Poisson e binomial negativa, as funções de densidade de probabilidade ficam definidas respectivamente por:

$$f(y; \mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp \left[-\frac{1}{2} \frac{(y - \mu)^2}{\sigma} \right]$$

$$f(y; \mu) = \frac{\mu^y e^{-\mu}}{y!}$$

$$f(y; \mu, \phi) = \frac{\Gamma(y + \phi^{-1})}{\Gamma(\phi^{-1})\Gamma(y + 1)} \left(\frac{1}{1 + \mu\phi}\right)^{\phi^{-1}} \left(\frac{\mu}{\phi^{-1} + \mu}\right)^y$$

Em que, no contexto do presente estudo y : Número de plântulas normais; μ : média de plântulas normais; σ^2 : variância; $\pi \approx 3,1416$.

O número de plântulas normais é referente ao componente aleatório, enquanto o componente sistemático – para os três modelos – é relativo aos fatores beneficiamento, lote e a interação, com seus efeitos lineares combinados por:

$$\eta_i = \sum_{j=1}^p x_{ij}\beta_j \sim x_i^T \beta \text{ ou } \eta = X\beta,$$

Em que $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$: matriz do modelo, composta pelas variáveis indicadoras de tipo de peneira, lote e interação; x_i^T : i -ésima linha da matriz experimental X ; $\beta = (\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p)^T$: vetor de parâmetros pelo modelo; $\eta = (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n)^T$: preditor linear.

A conexão do componente aleatório e sistemático é feita pela função de ligação e representa a forma com que os efeitos dos fatores experimentais impactam a média de y , sendo:

$$\eta_i = g(\mu_i) = (\beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_p x_{ip})$$

Onde, $g(\cdot)$: função real, monótona e diferenciável

Para a distribuição normal a função de ligação identidade foi utilizada, sendo representada por: $g(\mu_i) = \mu_i$. Para esse modelo os pressupostos de normalidade dos resíduos e estabilidade da variância foram avaliados respectivamente pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene. Em relação às distribuições de Poisson e Binomial Negativa, foi utilizada a função de ligação logarítmica $g(\mu_i) = \ln(\mu_i)$.

A fim de identificar o modelo com melhor ajuste dentre as distribuições avaliadas, foram considerados os critérios de informação: de Akaike (AIC) e Bayesiano de Schwarz (CORDEIRO; DEMÉTRIO, 2013), os quais penalizam mais modelos com alta complexidade ou mal ajustados. Assim, quanto menor o valor dos critérios, maior os indícios de adequação, sendo definidos como:

$$AIC = -2 \log L + 2 p$$

$$BIC = -2 \log L + p \log(n)$$

Em que: p – número de parâmetros do modelo; L – valor do logaritmo da verossimilhança maximizada, sob cada modelo; e n – número de observações, sendo nesse fator, à medida que aumenta, o critério de BIC proporciona maior penalização que AIC.

A influência de outras variáveis à resposta foi avaliada pela *Deviance* Residual (CORDEIRO; DEMÉTRIO, 2013) para comparar o modelo em diferentes complexidades ao adicionar preditores.

Além dos critérios de informação, os ajustes proporcionados pelos modelos foram analisados graficamente, a partir de gráficos para os resíduos e *half-normal* com envelope simulado, além disso, a distância de Cook foi usada para identificar possíveis dados influentes.

O modelo identificado como melhor ajustado, foi submetido a um teste de hipóteses utilizando o valor da *Deviance* residual na distribuição de χ^2 , a 0,05 de probabilidade, em que a hipótese de nulidade é referente a um bom ajuste do modelo aos dados.

O teste de Tukey para comparação das médias considerando o nível de significância de 0,05. Todas as análises foram realizadas no programa R versão 3.5.2.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação entre os valores de AIC, BIC dos três modelos estão representados na TABELA 1. Pode-se observar que o modelo de Poisson obteve os melhores índices nos parâmetros, com menores valores de AIC (326,06) e BIC (348,51), seguido pelo modelo Binomial Negativa de AIC (328,06) e BIC (352,38). Em comparação, o modelo Normal apresentou os maiores índices AIC (331,91) e BIC (356.2336). Desse modo, visto que modelos generalistas explicam melhor os dados (KUHA, 2004; CARVALHO; SANTANA; ARAÚJO, 2018), a distribuição Normal não se expressou de forma generalista, sofrendo maior penalidade devido a presença de parâmetros adicionais, fazendo com que o modelo seja mais complexo e conseqüentemente estime pior os resultados.

TABELA 1 – VALORES DOS CRITÉRIOS DE AKAIKE (AIC) E BAYESIANO (BIC), GRAUS DE LIBERDADE E DEVIANCE RESIDUAL PARA DIFERENTES MODELOS DAS DISTRIBUIÇÕES NORMAL, POISSON E BINOMIAL NEGATIVA.

Modelo	Graus de liberdade	<i>Deviance</i> residual	P-valor ¹	AIC	BIC
Poisson					
Nulo	47	888,10	-	1150,14	1152,01
Tratamento	44	334,85	2,20E-16**	602,89	610,37
Tratamento + Lote	42	94,05	2,20E-16**	366,09	377,32
Tratamento * Lote	36	42,02	1,84E-09**	326,06	348,51
Binomial Negativa					
Nulo	47	51,24	-	453,62	457,36
Tratamento	44	51,23	9,69E-09**	419,43	428,78
Tratamento + Lote	42	52,13	4,33E-15**	357,28	370,38
Tratamento * Lote	36	42,016	2,62E-07**	328,06	352,39
Normal					
Nulo	47	39.437	-	462,36	466,1
Tratamento	44	13.719	2,20E-16**	417,67	427,03
Tratamento + Lote	42	3.557	3,97E-16**	356,89	369,99
Tratamento * Lote	36	1.646	5,70E-05**	331,91	356,23

¹P-valor baseado no teste X^2 para as distribuições de Poisson e Binomial Negativa e no teste F para a distribuição de Normal.

** Valor significativo a 0,01 de probabilidade.

O modelo Normal produziu o pior ajuste em relação aos demais modelos, mesmo com os resíduos apresentando distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk ($W = 0,961$; $P = 0,115$), e a variância homoscedástica pelo teste de Levene ($F = 1.502$; $P = 0,174$). Isso demonstra que mesmo que os dados atendam aos pressupostos da normalidade, a distribuição normal nem sempre é o modelo que os representa melhor, o que é corroborado por estudo desenvolvido por Carvalho, Santana e Araújo (2018) utilizando dados de germinação de sementes de copaíba, no qual embora atendessem os pressupostos, o MLG com distribuição binomial se encaixou melhor. De maneira semelhante, Sileshi (2012), utilizando dados não normais de sementes de colza obtidos em trabalho de Piepho (2003), relatou um desempenho melhor com a utilização de MLG do que com a transformação de arcoseno ($\sqrt{y/100}$) dos dados.

Apesar dos critérios AIC e BIC serem eficientes na seleção de modelos, eles não são capazes de discriminar efeitos de superdispersão dos dados – fato que inviabiliza a utilização da distribuição de Poisson. Consequentemente, embora a distribuição de Poisson tenha se mostrado melhor ajustado, é imprescindível checar tal possibilidade.

No diagnóstico pela análise gráfica dos resíduos *versus* valores ajustados (FIGURAS 7A, 8A e 9A), deve-se levar em conta a dispersão dos pontos de forma aleatória ao entorno do eixo zero e sem valores extremos (KOZAK; PIEPHO 2017). Tanto os modelos de Poisson e Binomial Negativa, quanto o Normal, não apresentaram pontos agrupados, tendendo a uma área específica ou demasiadamente discrepantes, caracterizando assim um bom ajuste às respectivas distribuições. A análise de resíduos também é muito utilizada na verificação da relação entre a variância e a média da distribuição; dessa maneira, a utilização é particularmente vantajosa na identificação de superdispersão nos dados (MCCULLAGH; NELDER, 1989; STROUP, 2015). Assim, de acordo com a FIGURA 8A, não há indícios de superdispersão no modelo Poisson.

FIGURA 7 – GRÁFICOS DE DIAGNÓSTICO DO MODELO NORMAL. RESÍDUOS VERSUS VALORES AJUSTADOS (A); GRÁFICO *HALF-NORMAL* (B); DISTÂNCIA DE COOK (C).

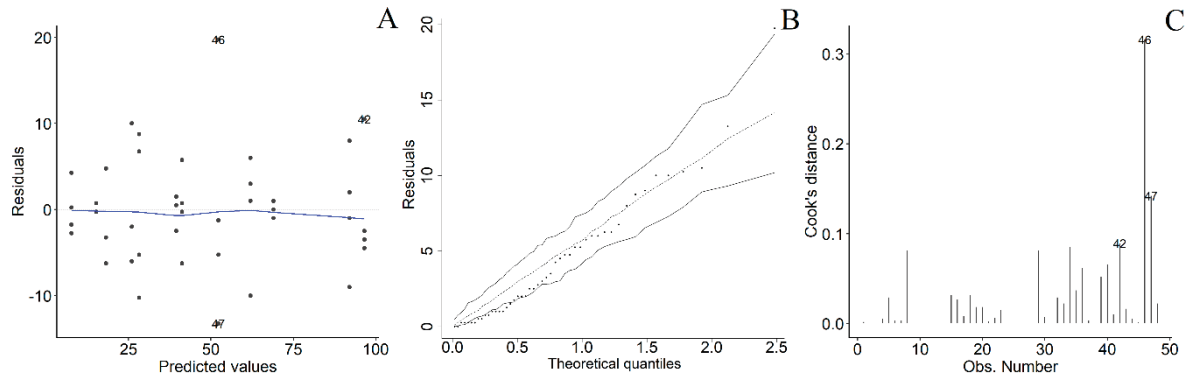


FIGURA 8 – GRÁFICOS DE DIAGNÓSTICO DO MODELO POISSON. RESÍDUOS VERSUS VALORES AJUSTADOS (A); GRÁFICO *HALF-NORMAL* (B); DISTÂNCIA DE COOK (C).

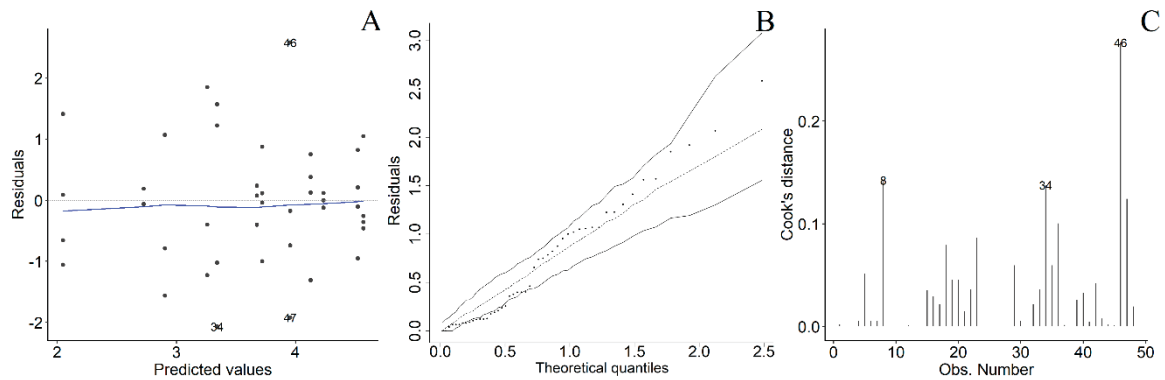
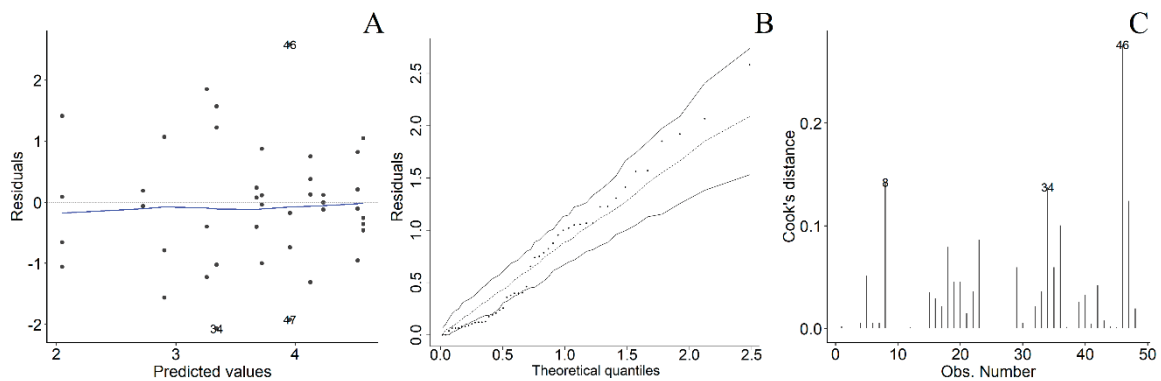


FIGURA 9 – GRÁFICOS DE DIAGNÓSTICO DO MODELO BINOMIAL NEGATIVO. RESÍDUOS VERSUS VALORES AJUSTADOS (A); GRÁFICO *HALF-NORMAL* (B); DISTÂNCIA DE COOK (C).



Os gráficos *Half-normal* (FIGURAS 7B, 8B e 9B) fornecem uma análise visual de como os resíduos se distribuem, permitindo avaliar a aderência dos mesmos à distribuição Normal, além de identificar potenciais *outliers* (pontos discrepantes em relação ao modelo) (KOZAK; PIEPHO, 2017). Essa análise gráfica foi empregada de forma eficiente na seleção de diferentes modelos estatísticos por Santana, Carvalho e Toorop (2018), usando dados de germinação de sementes de *Lychnophora ericoides*.

Assim como na análise de resíduo, os três modelos apresentaram adequação da distribuição aos dados em relação aos seus gráficos *Half-normal*, com poucos pontos incongruentes, podendo ser caracterizados possivelmente como *outliers* – pontos discrepantes, porém não necessariamente pela falta de ajuste –, os quais poderão ser analisados posteriormente pela avaliação gráfica da distância de Cook. A semelhança entre as três distribuições evidenciadas na análise gráfica pode ser explicada pela característica das distribuições de Poisson e Binomial negativa tenderem à distribuição normal à medida que contagem aumenta (STROUP, 2015), como o caso do presente trabalho.

Assim como os gráficos *Half-normal*, o diagnóstico pela Distância de Cook (FIGURAS 7C, 8C e 9C) deve ser considerado na avaliação da distribuição dos dados em relação ao modelo, quanto maior o número de pontos influentes um modelo apresentar, menor é a qualidade do ajuste (ALTMAN; KRZYWINSKI, 2016; CARVALHO; SANTANA; ARAÚJO, 2018). Além da distribuição, pode-se avaliar também a presença de pontos extremos; neste último caso, Cook e Weisberg (1982) consideram pontos com valores acima de 1 no eixo y.

Apesar de não haver pontos acima de 1, o ponto 46 (relativo à média de material grande no lote 3), nos três modelos, se destacou dos demais, podendo ainda ser considerado como um ponto influente (BOLLEN; JACKMAN, 1985); tal fato pode ser devido à atuação de algum fator experimental não controlado. Da mesma forma, outros autores basearam-se em tal análise na seleção de modelos preditores e remoção de pontos inconsistentes (JAGADEESWARI; HARINI; KUMAR, 2013; MIHALOVITS et al. 2019).

De maneira a identificar diferenças entre médias de pares de tratamentos, na área de análise de sementes o teste de Tukey é aplicado tradicionalmente na sequência da análise de variância (SILESHI, 2012). Porém, como o cálculo é baseado

no erro padrão das médias, os mesmos dados em cada distribuição podem assumir diferentes configurações.

Nos três modelos, o efeito da interação foi significativo ($p < 0,05$), enquanto que após a aplicação do teste de Tukey houve diferença na disposição das médias entre os modelos Poisson e binomial negativo, em relação ao modelo de distribuição normal (TABELA 2), onde neste indicou médias estatisticamente iguais entre a testemunha e o tratamento 2 (para o lote 3), enquanto nos outros houve diferença. Da mesma forma, ocorreu para os lotes 2 e 3, dentro da testemunha e tratamento 2. Isso aponta que o teste de Tukey teve menor sensibilidade na diferenciação de médias no modelo normal – modelo com os menores índices de ajuste aos dados, em relação aos outros dois.

TABELA 2 – DESDOBRAMENTO DO EFEITO DE INTERAÇÃO LOTE VS TRATAMENTO PARA OS MODELOS AJUSTADOS COM CADA DISTRIBUIÇÃO.

Fator 1	Fator 2	Médias marginais estimadas	Erro padrão			Tukey ¹		
			Poisson	Binomial negativa	Normal	Poisson	Binomial negativa	Normal
L1	T4	92	4.80	4.80	3.38	a	a	a
	T3	69	4.15	4.15	3.38	b	b	b
	T2	41	3.21	3.21	3.38	c	c	c
	T1	40	3.14	3.14	3.38	c	c	c
L2	T4	97	4.91	4.91	3.38	a	a	a
	T3	62	3.94	3.94	3.38	b	b	b
	T1	26	2.55	2.55	3.38	c	c	c
	T2	18	2.14	2.14	3.38	c	c	c
L3	T4	52	3.61	3.61	3.38	a	a	a
	T3	28	2.66	2.66	3.38	b	b	b
	T1	15	1.95	1.95	3.38	c	c	c
	T2	8	1.39	1.39	3.38	d	d	c
T1	L1	40	3.14	3.14	3.38	a	a	a
	L2	26	2.55	2.55	3.38	b	b	b

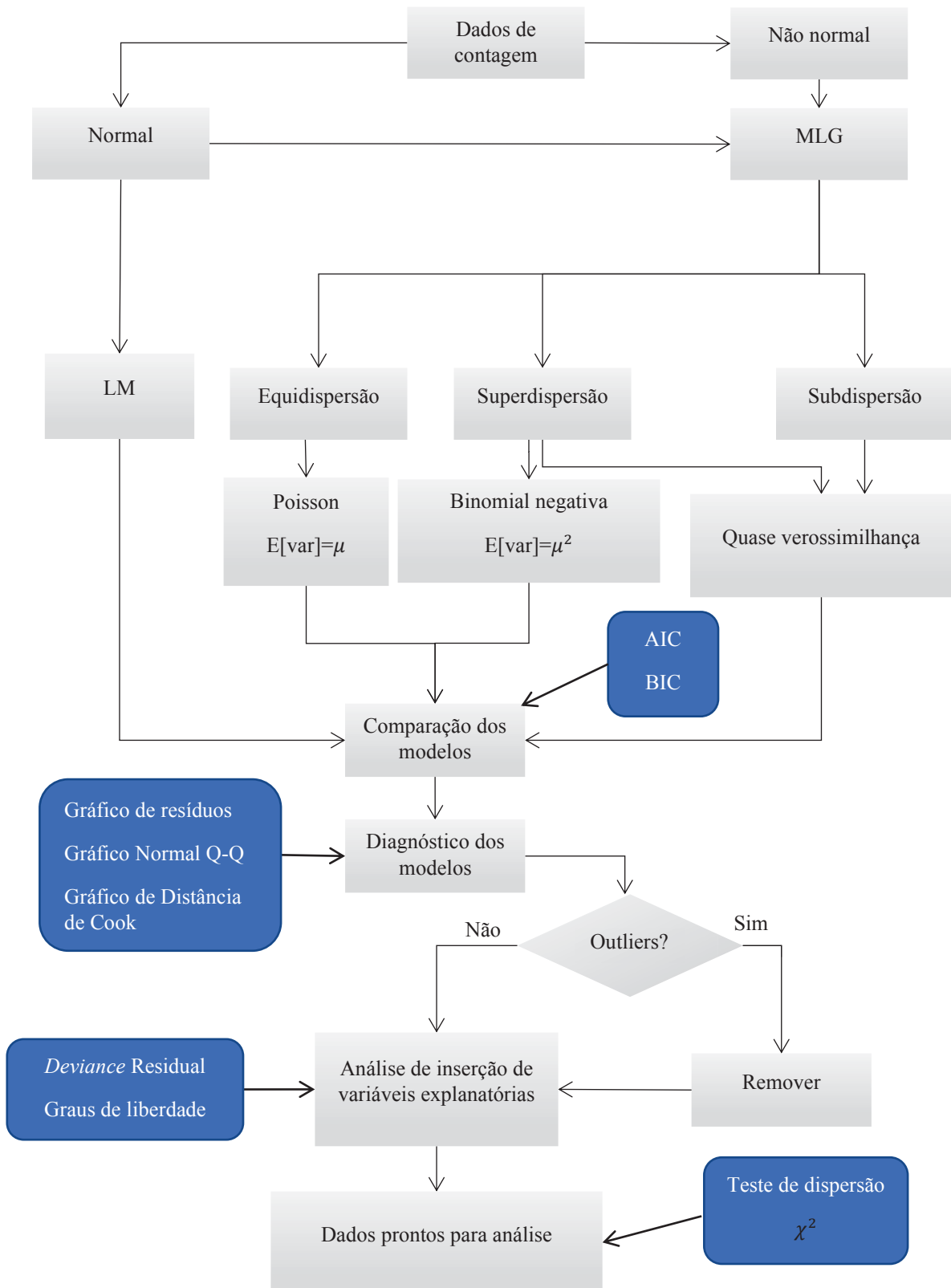
	L3	15	1.95	1.95	3.38	c	c	b
	L1	41	3.21	3.21	3.38	a	a	a
T2	L2	18	2.14	2.14	3.38	b	b	b
	L3	8	1.39	1.39	3.38	c	c	b
	L1	69	4.15	4.15	3.38	a	a	a
T3	L2	62	3.94	3.94	3.38	a	a	a
	L3	28	2.66	2.66	3.38	b	b	b
	L2	97	4.80	4.80	3.38	a	a	a
T4	L1	92	4.91	4.91	3.38	a	a	a
	L3	52	3.61	3.61	3.38	b	b	b

¹Valor significativo a 0,05 de probabilidade

Warton et al. (2016) consideraram alguns entraves na seleção de modelos com dados de contagem entre a captura efetiva das características dos dados e o controle de erros do tipo 1, onde apesar de MLG com distribuição de Poisson e binomial negativa deverem ser considerados prioritariamente em relação ao modelo linear, a especificação final do modelo se dá a partir de etapas de seleção e diagnóstico do ajuste.

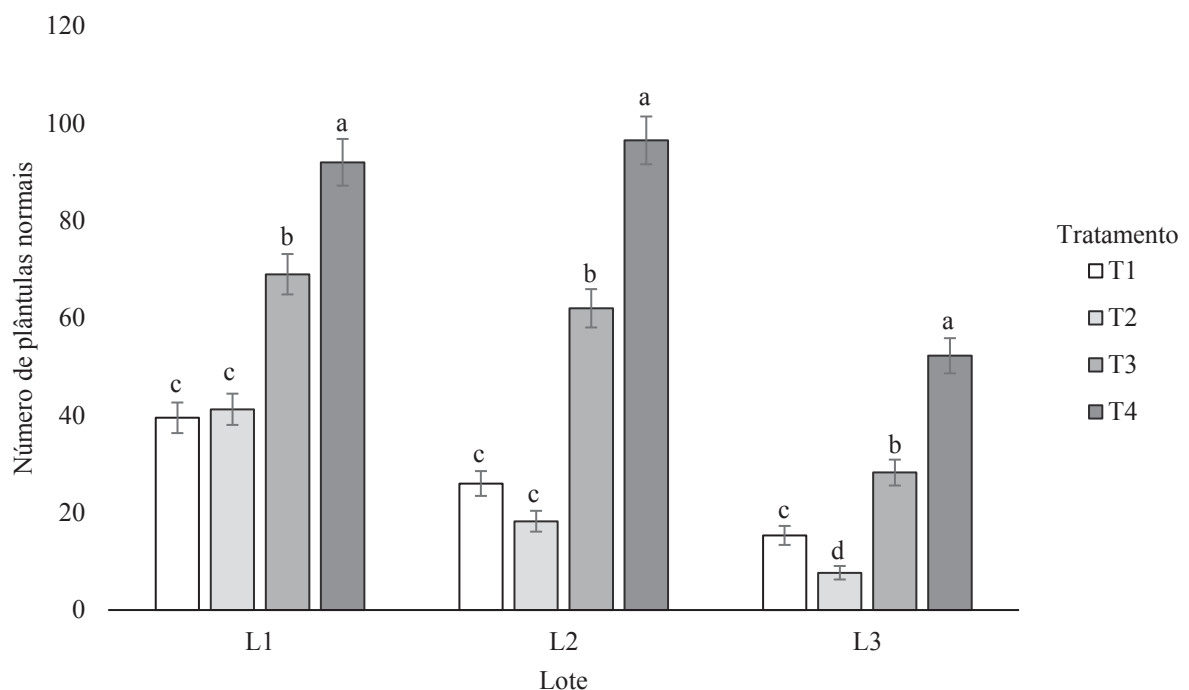
Assim, a fim de ilustrar as principais etapas no processo de escolha e avaliação, foi proposto no presente trabalho um fluxograma (FIGURA 10), valendo ressaltar que o mesmo pode ser extrapolado a diversas situações experimentais envolvendo contagem. Ao final do processo pode ser confirmado a qualidade do ajuste proporcionado pelo modelo Poisson pelo teste de hipótese baseado na distribuição de χ^2 para a *deviance* residual (42,019) a 36 graus de liberdade (TABELA 1), em que a hipótese de que o modelo se ajusta bem aos dados não é rejeitada, a 5% de probabilidade (p-valor = 0,22).

FIGURA 10 – FLUXOGRAMA DESENVOLVIDO PARA ANÁLISE ESTATÍSTICA DE DADOS DE CONTAGEM EM SEMENTES DE *Eucalyptus cloeziana*.



Neste sentido, foi possível observar que o material propagativo de maior tamanho gerou um maior número de plântulas normais de *Eucalyptus cloeziana* (FIGURA 11), ao passo que sementes menores que 0,84 mm não diferiram estatisticamente da testemunha.

FIGURA 11 – COMPARAÇÃO DE MÉDIA PELO TESTE DE TUKEY A 0,05 DE PROBABILIDADE DOS BENEFICIAMENTOS EM FUNÇÃO DO MODELO LINEAR GENERALIZADO COM DISTRIBUIÇÃO DE POISSON.



Estudos envolvendo contagem de sementes, como é o caso daqueles de germinação de *Eucalyptus*, são diversos na literatura (SOUSA et al., 2018; SÁ-MARTINS et al., 2019; NEGA; GUDETA, 2019) e apesar da evolução das pesquisas nessas áreas, a análise estatística do dado segue majoritariamente o padrão tradicional, sendo poucos trabalhos que abordam a adequação de diferentes modelos estatísticos à situação experimental. Dessa forma, o presente trabalho contribuiu para estimular uma visão crítica da avaliação dos dados experimentais, demonstrando

formas alternativas de análise, possivelmente mais condizentes para análise de sementes, visto que não há apenas uma forma que se adeque a todas as situações.

5.4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos conclui-se que o Modelo Linear Generalizado com distribuição de Poisson é o que melhor se ajusta aos dados de contagem de germinação de sementes de *Eucalyptus cloeziana*.

5.5 REFERÊNCIAS

- ALTMAN, N.; KRZYWINSKI, M. Analyzing outliers: influential or nuisance? **Nature Methods**, v. 13: p. 281-282, 2016.
- BRASIL. 2009. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 399p.
- BOLLEN, K. A.; JACKMAN, R. W. Regression Diagnostics: An Expository Treatment of Outliers and Influential Cases. **Sociological Methods & Research**, v. 13 n. 4: p. 510-542, 1985.
- CARVALHO, F. J.; SANTANA, D. G. DE; ARAÚJO, L. B. DE. Why analyze germination experiments using Generalized Linear Models? **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 3: p. 281-287, 2018.
- COOK, R. D.; WEISBERG, S. **Residuals and influence in regression**. London, 1982. 229p.
- CORDEIRO, M. G.; DEMÉTRIO, C. G. B. **Modelos Lineares Generalizados e Extensões**. São Paulo, 2013. 483p.
- FATORETTO, M. B. et al. Overdispersed fungus germination data: statistical analysis using R. **Biocontrol Science And Technology**, 28 v. 11: p. 1034-1053, 2018.
- HEAP, I.; DUKE, S. O. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. **Pest Management Science**, v. 74 n. 5: p.1040-1049, 2017.
- HICKS, C.C; CLARK, N. B. **Pulpwood Quality of 13 Eucalypt Species with Potential for Farm Forestry**. Australia: RIRDC, 2001. 44p.

HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. G. B. Overdispersion: Models and estimation. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 27: p. 151-170, 1998.

IBÁ. **Relatório Ibá 2019**. São Paulo, 2019. 80p.

JAGADEESWARI, T.; HARINI, N.; SATYA KUMAR, C. Identification of outliers by cook's distance in agriculture datasets. **International Journal Of Engineering And Computer Science**, v. 2 n. 6: p. 2045-2049, 2013.

KIKVIDZE, Z.; MOYA-LARAÑO, J. Unexpected failures of recommended tests in basic statistical analyses of ecological data. **Web Ecology**, v. 8: p. 67-73, 2008.

KOSMA, M. et al. Over-dispersed count data in crop and agronomy research. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 205 n. 4: p. 414-421, 2019.

KOZAK, M.; PIEPHO, H.-P. What's normal anyway? Residual plots are more telling than significance tests when checking ANOVA assumptions. **Journal Of Agronomy And Crop Science**, v. 204, n. 1: p.86-98, 2017.

KUHA, J. AIC and BIC. **Sociological Methods & Research**, v. 33 n. 2: p.188-229, 2004.

MORA et al. Generalized Lineal Models for the Analysis of Binary Data from Propagation Experiments of Brazilian Orchids. **Braz. arch. biol. technol.** v.51, n.5, p 963-970p, 2008.

MCCULLAGH, P.; NELDER J. A. **Generalized linear models**. London, 1989. 506p

MIHALOVITS, M. et al. Model Building on Selectivity of Gas Antisolvent Fractionation Method Using the Solubility Parameter. **Periodica Polytechnica Chemical Engineering**, v. 63 n. 2: p. 294-302, 2019.

NEGA, F.; GUDETA, T. B. Allelopathic Effect of *Eucalyptus globulus* Labill. on Seed Germination and Seedling Growth of Highland Teff (*Eragrostis tef* (Zuccagni) Trotter)) and Barely (*Hordeum vulgare* L.). **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 30, n. 4, p. 1–12, 2019.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized Linear Models. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 135, n. 3: p. 370–384, 1972.

PAYN, T. et al. Changes in planted forests and future global implications. **Forest Ecology And Management**, v. 352: p. 57-67, 2015.

PEREIRA, J. S. et al. Comparative analysis of fungal communities in colonies of two

- leaf-cutting ant species with different substratum preferences. **Fungal Ecology**, v. 21: p. 68-75, 2016.
- PIEPHO, H.-P. The folded exponential transformation for proportions. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 52: p. 575–589, 2003.
- SANTANA, D. G. DE; CARVALHO, F. J.; TOOROP, P. How to analyze germination of species with empty seeds using contemporary statistical methods? **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, n. 2: p. 271-278, 2018.
- SÁ-MARTINS, R de. et al. Effect of water and salt stress on seeds germination and vigor of different eucalyptus species. **Journal Of Tropical Forest Science**, v. 31, n. 1: p. 12-18, 2019.
- SILESHI, G. W. A critique of current trends in the statistical analysis of seed germination and viability data. **Seed Science Research**, v. 22, n. 3: p. 145-159, 2012.
- SILVA, E. M. et al. Leaf count overdispersion in coffee seedlings. **Ciência Rural**, v. 49, n. 9: p. 1-7, 2019.
- SOUSA, M. V. de. et al. Allelopathy of the Leaf Extract of Eucalyptus Genetic Material on the Physiological Performance of Millet Seeds. **American Journal Of Plant Sciences**, v. 9, n. 1: p. 34-45, 2018.
- STROUP, W. W. Rethinking the Analysis of Non-Normal Data in Plant and Soil Science. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 2: p. 811-827, 2015.
- ST-PIERRE, A. P.; SHIKON, V.; SCHNEIDER, D. C. Count data in biology — Data transformation or model reformation ? **Ecology and Evolution**, v. 8, n.6: 3077-3085, 2018.
- WARTON, D. I. et al. Three points to consider when choosing a LM or GLM test for count data. **Methods In Ecology And Evolution**, v. 7, n. 8: p. 882-890, 2016.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia. **Revista Árvore**, v. 31, p. 445-453, 2007b.

ALMEIDA, F. D.; XAVIER, A.; DIAS, J. M. M.; PAIVA, H. N. Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v. 31, n. 3, p. 455-463, 2007a.

ALTMAN, N.; KRZYWINSKI, M. Analyzing outliers: influential or nuisance? **Nature Methods**, v. 13: p. 281-282, 2016.

AMBIKA, S.; MANONMANI, V.; SOMASUNDAR, G. Review on Effect of Seed Size on Seedling Vigour and Seed Yield. **Research Journal of Seed Science**, v. 7: p. 31–38. 2014.

ATYEO, W.J.; MCGAVIN, R.L.; HOPEWELL, G.P. **Evaluation of wood characteristics of tropical post-mid-rotation plantation *Eucalyptus cloeziana* and *E. pellita*: Part (d) Veneer and plywood potential**. Australia: Forest&Wood Products Australia, 2008, 39p.

BOLAND, DJ et al. **Forest trees: of australia**. 5. ed. Australia: CSIRO PUBLISHING, 2006. 768p.

BOLLEN, K. A.; JACKMAN, R. W. Regression Diagnostics: An Expository Treatment of Outliers and Influential Cases. **Sociological Methods & Research**, v. 13 n. 4: p. 510-542, 1985.

BRASIL. 2009. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2009. 399p.

CARVALHO, F. J.; SANTANA, D. G. DE; ARAÚJO, L. B. DE. Why analyze germination experiments using Generalized Linear Models? **Journal of Seed Science**, v. 40, n. 3: p. 281-287, 2018.

CHEN, S.X.; WU, Z.H.; LI, Z.H.; XIE, Y.J.; LI, T.H.; ZHOU, Q.Y.; ARNOLD, R. Selection of species for solid wood production in southern China. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 22: p. 308–316. 2010.

CLARK, L.; EDWARDS, L.; NEYLAND, M. **Eucalypt Seed and Sowing**, Native Forest Silviculture Technical Bulletin No. 1. Tansmania: Forestry Tasmania, 2010. 62p.

CLARKE, B.; MCLEOD, I.; VERCOE, T. **Trees for Farm Forestry**: 22. Promising Species. Australia: Rural Industries Research and Development Corporation, 2009. 239p.

COOK, R. D.; WEISBERG, S. **Residuals and influence in regression**. London, 1982. 229p.

CORDEIRO, M. G.; DEMÉTRIO, C. G. B. **Modelos Lineares Generalizados e Extensões**. São Paulo, 2013. 483p.

CRAWLEY, M.J. **The R book**. Inglaterra: Wiley, 2007. 942p.

ERICKSON et al. **Pilbara seed atlas and field guide: plant restoration in Australia's arid northwest**. Australia: CSIRO Publishing, 2016. 312p.

FATORETTO, M. B. et al. Overdispersed fungus germination data: statistical analysis using R. **Biocontrol Science And Technology**, 28 v. 11: p. 1034-1053, 2018.

FERREIRA, M. O histórico da introdução de espécies florestais de interesse econômico e o estado de sua conservação no Brasil. In: WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO E USO DE RECURSOS GENÉTICOS FLORESTAIS, 2000, Paranaguá. **Memórias**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 159 p.

FERREIRA, R. L. **Etapas do beneficiamento na qualidade física e fisiológica de sementes de milho**. 2010. 49 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Unesp, Ilha Solteira, 2010.

FILHO, L. D.; FILHO, W. S. Influência do beneficiamento, em algumas características de um lote de sementes de *Eucalyptus grandis hill ex maiden*, baseado na separação pelo peso específico e tamanho. **Ipef**, n. 9: p. 91-113, 1974.

FLORES, T. B.; ALVARES, C. A.; SOUZA, V. C.; STAPE, J. L. **Eucalyptus no Brasil: zoneamento climático e guia para identificação**. Piracicaba: IPEF, 2016. 448 p.

GONÇALEZ, J. C. et al. Relações entre dimensões de fibras e de densidade da madeira ao longo do tronco de *Eucalyptus urograndis* Wood. **Scientia Forestalis**, v.42, p.81-89, 2019.

HEAP, I.; DUKE, S. O. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. **Pest Management Science**, v. 74 n. 5: p.1040-1049, 2017.

HICKS, C.C; CLARK, N. B. **Pulpwood Quality of 13 Eucalypt Species with Potential for Farm Forestry**. Australia: RIRDC, 2001. 44p.

HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. G. B. Overdispersion: Models and estimation. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 27: p. 151-170, 1998.

HOPPE, J. M. **Produção de sementes e mudas florestais**. Santa Maria: [s.n], 2004. 388 p.

IBÁ – INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORE. **Relatório Ibá 2019**. São Paulo, 2019. 80p.

JAGADEESWARI, T.; HARINI, N.; SATYA KUMAR, C. Identification of outliers by cook's distance in agriculture datasets. **International Journal Of Engineering And Computer Science**, v. 2 n. 6: p. 2045-2049, 2013.

- KIKVIDZE, Z.; MOYA-LARAÑO, J. Unexpected failures of recommended tests in basic statistical analyses of ecological data. **Web Ecology**, v. 8: p. 67-73, 2008.
- KOSMA, M. et al. Over-dispersed count data in crop and agronomy research. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 205 n. 4: p. 414-421, 2019.
- KOZAK, M.; PIEPHO, H.-P. What's normal anyway? Residual plots are more telling than significance tests when checking ANOVA assumptions. **Journal Of Agronomy And Crop Science**, v. 204, n. 1: p.86-98, 2017.
- KRATZ et al. Physic-chemical properties and substrate formulation for *Eucalyptus* seedlings production. **Scientia Forestalis**, v. 45: p. 63-76. 2017.
- KUHA, J. AIC and BIC. **Sociological Methods & Research**, v. 33 n. 2: p.188-229, 2004.
- LAFETÁ, B. O. et al. Climatic suitability for *Eucalyptus cloeziana* cultivation in four Brazilian states. **Floresta**, v. 48, n. 1: p. 77-86, mar. 2018.
- LARIOS, E.; BÚRQUEZ, A.; BECERRA, J.X.; VENABLE, D.L. Natural selection on seed size through the life cycle of a desert annual plant. **Ecology**, v. 95: p.3213–3220. 2014.
- Li et al. Genetic parameters for growth and wood mechanical properties in *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **New Forests** v. 48: p. 33–49. 2017.
- LORENZI, H. et al. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda., 2003. 385 p.
- MAGUIRE, J.D. Speed of Germination—Aid In Selection And Evaluation for Seedling Emergence And Vigor. **Crop Science**, v. 2: p. 176-177. 1962.
- MAO et al. Effects of seed size and sand burial on germination and early growth of seedlings for coastal *Pinus thunbergii* Parl. in the Northern Shandong Peninsula, China. **Forests**, v. 10: p. 281-295. 2019.
- MCCULLAGH, P.; NELDER J. A. **Generalized linear models**. London, 1989. 506p
- MIHALOVITS, M. et al. Model Building on Selectivity of Gas Antisolvent Fractionation Method Using the Solubility Parameter. **Periodica Polytechnica Chemical Engineering**, v. 63 n. 2: p. 294-302, 2019.
- MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A Cultura do Eucalipto no Brasil**. São Paulo: Verso e Reverso, 2000. 112 p.
- MORA et al. Generalized Lineal Models for the Analysis of Binary Data from Propagation Experiments of Brazilian Orchids. **Braz. arch. biol. technol.** v.51, n.5, p 963-970p, 2008.
- MOURA, V. P. G. **O germoplasma de Eucalyptus cloezina F. Muell. no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. 9 p.

- MOURA, V. P. G. **Potencial e uso de espécies de Eucalyptus e Corymbia de acordo com locais e usos**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2001. 32 p.
- MOURA, V. P. G.; GUIMARÃES, D. P. **Produção de mudas de Eucalyptus para o estabelecimento de plantios florestais**. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. 9 p.
- NAIDU, R.D.; JONES, N.B. Effect of seed size on field survival and growth of *Eucalyptus* in KwaZulu-Natal, South Africa. **Southern Hemisphere Forestry Journal**, v. 69, n. 1: p. 19–26. 2007
- NEGA, F.; GUDETA, T. B. Allelopathic Effect of *Eucalyptus globulus* Labill. on Seed Germination and Seedling Growth of Highland Teff (*Eragrostis tef* (Zuccagni) Trotter) and Barely (*Hordeum vulgare* L.). **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 30, n. 4, p. 1–12, 2019.
- NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized Linear Models. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 135, n. 3: p. 370–384, 1972.
- OLSSON, U. **Generalized Linear Models: An Applied Approach**. Suécia: Studentlitteratur, 2002. 232p.
- PAYN, T. et al. Changes in planted forests and future global implications. **Forest Ecology And Management**, v. 352: p. 57-67, 2015.
- PAZ, H.; MAZER, S.J.; MARTINEZ-RAMOS, M. Comparative ecology of seed mass in *Psychotria* (Rubiaceae): Within- and between-species effects of seed mass on early performance. **Functional Ecology** v. 19: p. 707–718. 2005.
- PEREIRA, J. S. et al. Comparative analysis of fungal communities in colonies of two leaf-cutting ant species with different substratum preferences. **Fungal Ecology**, v. 21: p. 68-75, 2016.
- PIEPHO, H.-P. The folded exponential transformation for proportions. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 52: p. 575–589, 2003.
- REDMAN, A. L.; MCGAVIN, R. L. Accelerated Drying of Plantation Grown *Eucalyptus cloeziana* and *Eucalyptus pellita* Sawn Timber. **Forest Products Journal**, v. 60, n. 4: p. 339-345, jul. 2010.
- REIS et al. **Eucalyptus cloeziana: estado da arte de pesquisas no Brasil**. Colombo: Embrapa, 2017. 45 p.
- SALOIO, N. R.; TOMASCHITZ, A.; VIEIRA, E. S. N. **Beneficiamento de sementes de Eucalyptus cloeziana**. Informativo ABRATES, Brasília, DF, v. 25, n. 2, set. 2015. Edição de resumos do 19º Congresso Brasileiro de Sementes, Foz do Iguaçu, 2015.
- SÁ-MARTINS, R de. et al. Effect of water and salt stress on seeds germination and vigor of different eucalyptus species. **Journal Of Tropical Forest Science**, v. 31, n. 1: p. 12-18, 2019.

SANTANA, D. G. DE; CARVALHO, F. J.; TOOROP, P. How to analyze germination of species with empty seeds using contemporary statistical methods? **Acta Botanica Brasilica**, v. 32, n. 2: p. 271-278, 2018.

SANTAROSA, E.; PENTEADO, J.F.; GOULART, I.C.G.R. **Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Brasil: Embrapa Floresta. 2014. 138p.

SENA, C. M. **Sementes Florestais: Colheita, Beneficiamento e Armazenamento**. Natal: MMA. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Departamento de Florestas. Programa Nacional de Florestas. Unidade de Apoio do PNF no Nordeste, 2008. 28p.

SILESHI, G. W. A critique of current trends in the statistical analysis of seed germination and viability data. **Seed Science Research**, v. 22, n. 3: p. 145-159, 2012.

SILVA et al. Influence of size on *Eucalyptus maculata* Hook seed quality. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 16: p. 187-190. 1994.

SILVA, A.; FIGLIOLIA, M. B.; AGUIAR, I. B. de. Secagem, extração e beneficiamento de sementes. In: AGUIAR, I. B. de; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, p. 303-331. 1993.

SILVA, A.; KASAI, F.S.; CASTELLANI, E.D.; AGUIAR, I.B.; CARVALHO, N. M. Influence of size on *Eucalyptus maculata* Hook seed quality. **Revista Brasileira de Sementes** v.16: p. 187-190. 1994

SILVA, E. M. et al. Leaf count overdispersion in coffee seedlings. **Ciência Rural**, v. 49, n. 9: p. 1-7, 2019.

SOUSA, M. V. de. et al. Allelopathy of the Leaf Extract of Eucalyptus Genetic Material on the Physiological Performance of Millet Seeds. **American Journal Of Plant Sciences**, v. 9, n. 1: p. 34-45, 2018.

ST-PIERRE, A. P.; SHIKON, V.; SCHNEIDER, D. C. Count data in biology — Data transformation or model reformation ? **Ecology and Evolution**, v. 8 n. 6: p. 3077-3085, 2018.

STROUP, W. W. Rethinking the Analysis of Non-Normal Data in Plant and Soil Science. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 2: p. 811-827, 2015.

TORMEN et al. Carbohydrate sources, alanine and calcium for in vitro multiplication of *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Iheringia - Serie Botanica**, v. 73: p. 329–335. 2018.

TRUEMAN, S.J.; MCMAHON, T.V; BRISTOW, M. Production of *Eucalyptus cloeziana* cuttings in response to stock plant temperature. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 25, n. 1: p. 60-69, 2013.

VIVIAN, M. A. et al. RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DA MADEIRA TRATADA DE *Eucalyptus grandis* E *Eucalyptus cloeziana* A FUNGOS APODRECEDORES EM ENSAIOS DE LABORATÓRIO. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1: p.175-183, mar. 2015.

VON PINHO, E. V. R. V. **Beneficiamento de Sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999.

WANG et al. Effects of sand burial and seed size on seed germination, seedling emergence and seedling biomass of *Anabasis aphylla*. **Pakistan Journal of Botany**, v. 49: p. 391-396. 2017.

WARTON, D. I. et al. Three points to consider when choosing a LM or GLM test for count data. **Methods In Ecology And Evolution**, v. 7, n. 8: p. 882-890, 2016.