

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

FÁBIO JANONI CARVALHO

**TRANSFORMAÇÃO DE DADOS EM TESTES DE GERMINAÇÃO COM
SEMENTES DE ESPÉCIES FLORESTAIS**

**Uberlândia- MG
Maio – 2013**

FÁBIO JANONI CARVALHO

**TRANSFORMAÇÃO DE DADOS EM TESTES DE GERMINAÇÃO COM
SEMENTES DE ESPÉCIES FLORESTAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Denise Garcia de Santana

**Uberlândia- MG
Maio – 2013**

FÁBIO JANONI CARVALHO

**TRANSFORMAÇÃO DE DADOS EM TESTES DE GERMINAÇÃO COM
SEMENTES DE ESPÉCIES FLORESTAIS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela banca examinadora em 22 de maio de 2013.

Prof. Dr. Quintiliano Siqueira Schroden Nomelini
(Membro da Banca)

Msc. Núbia Almeida Leite Brandão
(Membro da Banca)

Prof^a. Dr^a. Denise Garcia de Santana
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por iluminar minhas escolhas, caminhos e decisões ao longo de todo o curso e vida, e pela constante saúde.

À professora Denise Garcia de Santana, por toda a dedicação, paciência, conselhos e aprendizado, permitindo assim a elaboração de todo o trabalho.

Aos meus pais, irmão e toda família, pelo auxílio direto ou indireto por todos estes anos de jornada.

Aos meus amigos, pelo apoio, companheirismo e suporte nos momentos difíceis.

A todos do laboratório de Sementes Florestais da UFU, pela amizade e ajuda, e pelos momentos de dedicação e descontração.

Aos meus companheiros de curso, grandes parceiros e amigos, pela gratificante presença e força durante todos estes anos.

À Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade de realizar o curso, e todos os docentes do Instituto de Ciências Agrárias por todo o conhecimento transmitido ao longo destes anos.

RESUMO

O modelo de análise de variância de um delineamento inteiramente casualizado (DIC) exige pressuposições de normalidade e independência dos resíduos, como também homogeneidade das variâncias, sendo a transformação angular dos percentuais uma alternativa para a correção dessas pressuposições. O objetivo foi avaliar o impacto da transformação angular dos percentuais de plântulas normais da análise da germinação de sementes de 50 espécies florestais no modelo de análise de variância. Após a execução do teste de germinação pelos laboratórios, as fichas com os resultados por lote, laboratório e espécie foram encaminhadas e as análises estatísticas iniciadas. As análises se concentraram nas plântulas normais e antes dos testes os *outliers* foram detectados pelo Box-plot e eliminados. Realizou-se o teste de Durbin-Watson para a independência, o de Shapiro-Wilk para a normalidade e o de Levene para a homogeneidade, tanto na escala original quanto na transformada. Os procedimentos de análise de variância foram realizados para os dados com pressuposições atendidas na escala original e, quando não atendidas a 0,01 de significância, na escala transformada. Para avaliar o impacto da transformação no coeficiente de variação experimental, este foi calculado também em ambas as escalas. O teste de Durbin-Watson e a análise gráfica não são eficazes em determinar a independência ou dependência dos resíduos de plântulas normais para as 50 espécies. A transformação angular se mostrou ineficaz para a correção da independência dos resíduos, porém atendeu a homogeneidade de variância e a normalidade dos resíduos para as espécies com essas pressuposições violadas. Em algumas situações com pressuposições atendidas na escala original, a transformação se mostrou indevida. A transformação diminuiu os valores do coeficiente de variação e, portanto, não é um indicador da heterogeneidade das variâncias. A dormência das sementes não foi a causa do não atendimento das pressuposições, assim como do aumento da variabilidade entre as repetições.

Palavras-chave: Transformação angular, plântulas normais, pressuposições do modelo, sementes florestais.

ABSTRACT

The analysis of variance model from a completely randomized design (CRD) requires assumptions of normality and independence of residual as well as homogeneity of variances, being the angular transformation of percentages an alternative for correction of presuppositions. The objective was to evaluate the impact of the angular transformation of the percentage of normal seedlings from the germination test of 50 forest species in the analysis of variance model. After running the seed germination test for the species by the laboratories, the records with the results for lot, laboratory and species were forwarded and statistical analyzes initiated. The analyzes focused on the normal seedlings and before the tests, the *outliers* were detected by Box-plot and eliminated. The Durbin-Watson test was executed for independence, the Shapiro-Wilk test for normality and Levene test for homogeneity, all in the original and in the transformed scale. The procedures for analysis of variance were performed for the data with assumptions attended in the original scale, and when not attended by 0,01 significance, the transformed scale was used. To check the impact of the transformation in experimental coefficient of variation, it was calculated in both scales. The Durbin-Watson test and the graphical analysis are not effective in determining the dependence or independence of normal seedlings residuals for the 50 species. The angular transformation was ineffective to correct the independence of residuals, however attended the homogeneity of variance and normality of residuals for species with these assumptions violated. In some situations with assumptions attended in the original scale, data the transformation proved unwarranted. The data transformation reduces the coefficient of variation and, therefore, is not an indication of the heterogeneity of variances. The seed dormancy was not the cause of unmet assumptions, as well as the increasing of variability among repetitions.

Keywords: Angular transformation, normal seedlings, assumptions of model, forest seeds.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Métodos validados para teste de germinação de sementes de 50 espécies florestais nativas.....	12
Tabela 2. Estatística do teste de Durbin-Watson (<i>DW</i>) para os percentuais de plântulas normais na escala original e na escala transformada ($\arcseno\sqrt{x/100}$) para as 50 espécies florestais do processo de validação de métodos para teste de germinação.....	23
Tabela 3. Estatísticas e probabilidades associadas dos testes de Shapiro-Wilk e Levene para os percentuais de plântulas normais na escala original e na escala transformada ($\arcseno\sqrt{x/100}$) para as 50 espécies florestais do processo de validação de métodos para teste de germinação.....	29
Tabela 4. Valores do teste de análise de variância para plântulas normais de <i>Acacia polyphylla</i> (com dados transformados por falta de homogeneidade), <i>Parkia pendula</i> e <i>Peltogyne confertiflora</i> (com dados transformados por falta de normalidade dos resíduos), na escala original dos dados e na escala transformada ($\arcseno\sqrt{x/100}$).....	31
Tabela 5. Coeficientes de variação (CV) para percentual de plântulas normais e respectivos adjetivos na escala original e na escala transformada ($\arcseno\sqrt{x/100}$) para as 50 espécies florestais do processo de validação de métodos para teste de germinação.....	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Limites de referência para autocorrelação do teste de Durbin-Watson.....	19
Figura 2. Box-plot para plântulas normais (%) por lote de <i>Qualea grandiflora</i> (a) e <i>Anadenanthera macrocarpa</i> (b) indicando a ausência de <i>outlier</i> ; de <i>Pterogyne nitens</i> que com uma rodada não teve mais <i>outliers</i> ; de <i>Tabebuia aurea</i> (e,f,g) que com duas rodadas não teve mais <i>outliers</i> ; e de <i>Hymenaea stigonocarpa</i> (i,j) que a retirada de <i>outliers</i> implicou no surgimento de novos.....	22
Figura 3. Dispersão dos resíduos de plântulas normais de <i>Cybistax antisiphilitica</i> (a, b), <i>Cedrela fissilis</i> (c, d) e <i>Erytrina speciosa</i> (e, f) do modelo lote, laboratório e interação.....	26
Figura 4. Dispersão dos resíduos de plântulas normais de <i>Handroanthus impetiginosus</i> (a, b) e <i>Ormosia arborea</i> (c, d) do modelo lote, laboratório e interação.....	27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1 Obtenção das análises estatísticas	11
2.2 Detecção de <i>outliers</i>	17
2.3 Independência dos resíduos	18
2.4 Normalidade dos resíduos	19
2.5 Homogeneidade de variâncias	20
2.6 Análise de variância	20
2.7 Coeficiente de variação	21
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4. CONCLUSÕES	33
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
6. ANEXOS	37

1. INTRODUÇÃO

A transformação angular começou a ser aplicada na análise de variância a partir da década de 50 devido à sua fácil utilização e passou a ser recomendada por autores a partir das décadas de 60 e 70 (SOKAL; ROHLF, 1995; ZAR, 1998). Em sementes, especialmente em tecnologia, muitos autores aplicam esta transformação ignorando que os dados devem atender certas pressuposições (SILESHI, 2012) e justificam seu uso à redução do coeficiente de variação do experimento. Alguns autores atribuem a necessidade de transformação à suposta falta de normalidade, comum em ensaios biológicos e agrônômicos (DRUMMON; TOM, 2011), em contraste com outros que julgam que a distribuição normal é comum em dados biológicos (SCHEINER, 1993).

Em poucas situações as pressuposições do modelo de análise de variância são testadas para cumprir exigências indispensáveis para a transformação de dados. Na teoria da análise de variância são listadas as pressuposições de normalidade e independência dos resíduos, variâncias homogêneas e, especificamente para delineamentos de blocos casualizados, efeitos aditivos entre tratamentos e blocos (STEEL; TORRIE, 1980; SOKAL; ROHLF, 1995). Por definição, o termo pressuposição permite admitir como provável, possível ou mesmo verdadeira uma hipótese sem necessidade de prova, induzindo pesquisadores a não testá-la.

As consequências do não atendimento das pressuposições é tema recorrente em artigos científicos em estatística, porém distantes dos artigos em tecnologia de sementes. A falta de normalidade dos resíduos do modelo pode tornar enganosas as inferências a partir da análise de variância (KHAN; RAYNER, 2003). A falta de independência dos resíduos é comum em estudos de germinação, haja vista o agrupamento das sementes dentro das observações (SILESHI, 2012). O número de sementes contadas em diferentes datas de uma mesma unidade experimental pode estar serialmente correlacionado, gerando dependência (ONOFRI et al., 2010).

A falta de ajuste dos dados à distribuição normal em experimentos com germinação foi apontada por Scapim et al. (2002) e embora seja a distribuição estatística mais antiga (SCHEFFÉ, 1959) e, portanto, a mais conhecida, a forma de testar o ajuste a essa distribuição difere entre procedimentos estatísticos. Na análise de variância, o ajuste é testado com os resíduos e não com os dados. Assim, não é pressuposição da análise de variância que os percentuais de germinação tenham distribuição normal e ainda, não se pode com a

distribuição normal dos percentuais de plântulas normais inferir sobre a normalidade dos resíduos (SANTOS, 1998; CARNEIRO et al., 2001).

Entre as pressuposições, a variância heterogênea é a principal causa da baixa eficiência da análise de variância (SCHEFFÉ, 1959) e, como consequência, dos testes para comparações múltiplas. Variâncias heterogêneas ocorrem porque os tratamentos mais ineficientes tendem a produzir observações nulas (ausência de germinação) e variância zero, enquanto que os mais eficazes garantirão quase 100% de germinação e variâncias próximas de um. Os tratamentos de baixa a média eficácia irão variar amplamente. Além disso, variabilidade e a assincronia são presentes em germinação de sementes (SILESHI, 2012).

Dados simulados mostraram que a violação da homogeneidade das variâncias é muito comum em dados percentuais (AHRENS et al., 1990). A presença de tratamentos em que suas repetições apresentam o mesmo valor gera diferenças drásticas entre as outras variâncias e a ocorrência de variâncias heterogêneas. Nesses casos, a transformação tem pouco impacto, porém quando esses tratamentos são omitidos há melhoras na homogeneidade (AHRENS et al., 1990).

Em experimentos de germinação, a transformação de dados mais aplicada é a angular, pela natureza percentual das variáveis. O uso sem cuidados dessa transformação em artigos científicos foi registrado por vários autores (AHRENS et al., 1990; WARTON; HUI, 2011; SILESHI, 2012). A transformação pode causar dificuldade na interpretação dos dados quando duas médias iguais nos dados originais se tornam diferentes. Além disso, para uma determinada média, que antes era maior do que a outra pode ocorrer a inversão desta relação (AHRENS et al., 1990). O maior agravante da transformação é que ela pode corrigir uma das pressuposições e violar outra atendida na escala original (SILESHI, 2012).

Enquanto que para alguns autores a transformação angular dos dados é considerada um instrumento útil para a correção das pressuposições (LITTLE; HILLS, 1978; ZAR, 1984; AHRENS et al., 1990), outros consideram que a transformação não deve ser utilizada e outros modelos estatísticos devem ser aplicados (WILSON; HARDY, 2002; WARTON; HUI, 2011). Entre os modelos estatísticos mais modernos estão os modelos lineares generalizados, onde as pressuposições não precisam necessariamente ser atendidas (WARTON; HUI, 2011). Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar o impacto da transformação dos percentuais de plântulas normais do teste de germinação de 50 espécies florestais com métodos oficializados nas pressuposições de independência e normalidade dos resíduos e homogeneidade de

variâncias do modelo de análise de variância. Além desse, foi também objetivo comparar os coeficientes de variação experimentais na escala original e transformada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção das análises estatísticas

As análises estatísticas se concentraram na característica plântulas normais obtida do processo de validação de métodos para teste de germinação de sementes de 50 espécies florestais brasileiras (Tabela 1) oficializadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2010; 2011; 2012). Nesse processo, lotes com no mínimo três qualidades distintas de cada uma das espécies foram enviados para, no mínimo, seis laboratórios. Cada laboratório executou o teste de germinação com oito repetições de 25 sementes, totalizando 200 sementes por lote. Apenas dois laboratórios receberam tamanhos de amostras duplicadas e formaram 16 repetições de 25 sementes, totalizando 400 sementes para cada lote.

Após execução do teste de germinação, as fichas com os resultados de plântulas normais por lote, laboratório e espécie foram encaminhadas e as análises estatísticas iniciadas. Antes dos testes estatísticos, as oito repetições e as 16 repetições do valor verdadeiro foram reduzidas a quatro repetições. O modelo de análise de variância de um delineamento inteiramente casualizado com dois fatores e interação (Equação 1) foi definido por:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_{ij} + \varepsilon_{ijk} \quad i=1, 2, 3, \dots, a; \quad j=1, 2, 3, \dots, b; \quad k=1, 2, 3, \dots, n_{ij} \quad (1)$$

onde y_{ijk} é a porcentagem de plântulas normais obtida do i -ésimo lote, j -ésimo laboratório na k -ésima repetição; μ é o percentual médio de plântulas normais; α_i é o efeito do i -ésimo lote; β_j é o efeito do j -ésimo laboratório; γ_{ij} é o efeito da interação do j -ésimo laboratório no i -ésimo lote; ε_{ijk} é o resíduo independente e normalmente distribuído; a é número de lotes, b é o número de laboratórios e n_{ij} é o número de repetições do i -ésimo lote e j -ésimo laboratório.

Tabela 1. Métodos validados para teste de germinação de sementes de 50 espécies florestais.

Espécie/ Família/ Nome popular/ RNC	Método	
<i>Acacia polyphylla</i> Acácia-monjolo 23371	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 7 dias final 14 dias
<i>Albizia hassleri</i> Albícia-farinha-seca 23390	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,025% de NaClO + desponte na lateral/ terço superior + 0,025% de NaClO
	Contagens	1 ^a 7 dias final 14 dias
<i>Anadenanthera colubrina</i> Angico-bravo 23422	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel (substrato mais seco)
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 4 dias final 10 dias
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> Angico-monjolo 23423	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel (substrato mais seco)
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 4 dias final 10 dias
<i>Apuleia leiocarpa</i> Garapeira 23475	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,25% de NaClO + desponte na lateral/ terço superior + 0,025% de NaClO
	Contagens	1 ^a 7 dias final 10 dias
<i>Astronium fraxinifolium</i> Gonçalo-alves RNC: 23512	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 7 dias final 10 dias
<i>Cariniana estrellensis</i> Jequitibá-rei 23660	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Lavagem em água corrente + solução de detergente + 0,025% de NaClO
	Contagens	1 ^a 14 dias final 28 dias
<i>Cariniana legalis</i> Jequitibá-rosa 23663	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Lavagem em água corrente + solução de detergente ¹ + 0,025% de NaClO
	Contagens	1 ^a 14 dias final 28 dias
<i>Cassia leptophylla</i> Cássia-barbatimão 23697	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹ + 0,05% de NaClO + desponte na lateral/ terço mediano + 0,05% de NaClO + embebição por 24 h
	Contagens	1 ^a 10 dias final 14 dias

“Continua...”

“Continuação...”		
Espécie/ Família/ Nome popular/ RNC	Método	
<i>Cedrela fissilis</i> Cedro-vermelho 23708	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,025% de NaClO
	Contagens	1 ^a 14 dias final 21 dias
	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
<i>Cedrela odorata</i> Cedro-cheiroso 23709	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,025% de NaClO
	Contagens	1 ^a 14 dias 2 ^a e final 21 e 28 dias
<i>Ceiba speciosa</i> Sumaúma-speciosa 23717	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,025% de NaClO
	Contagens	1 ^a 7 dias final 10 dias
	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
<i>Citharexylum myrianthum</i> Pau-de-viola 23795	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹ + 0,25% de NaClO
	Contagens	1 ^a 21 dias final 35 dias
<i>Copaifera langsdorffii</i> Copaíba-do-cerrado 23855	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,05% de NaClO + escarificação na lateral/ terço superior + 0,05% de NaClO
	Contagens	1 ^a 14 dias 2 ^a e final 21 e 28 dias
	Substrato/ Modo/ Recipiente	Areia/ Sobre Areia/ Caixa gerbox
<i>Cordia americana</i> Guaiabira 24556	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 10 dias final 17 dias
<i>Cybistax antisiphilitica</i> Ipê-caroba-da-flor-verde 23668	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 14 dias final 35 dias
	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
<i>Dalbergia miscolobium</i> Caviúna-do-cerrado 23689	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹ + 0,025% de NaClO
	Contagens	1 ^a 7 dias final 10 dias
<i>Dalbergia nigra</i> Caviúna-preta 23690	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹ + 0,05% de NaClO
	Contagens	1 ^a 10 dias final 14 dias
	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> Tamboril-da-mata 24025	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Escarificação na extremidade oposta à micrópila + solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 7 dias final 14 dias

“Continua...”

“Continuação...”

Espécie/ Família/ Nome popular/ RNC	Método	
<i>Enterolobium maximum</i> Tamboril-graúda 24028	Substrato/ Modo Temperatura/ Luz	Papel de filtro/ Rolo de papel 25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,25% de NaClO + escarificação na lateral/ terço superior + 0,125% de NaClO + tratamento térmico à 70 °C
	Contagens	1 ^a 7 dias final 14 dias
	<i>Erythrina speciosa</i> Mulungu-do-litoral 24049	Substrato/ Modo Temperatura/ Luz
Métodos pré-germinativos		0,5% de NaClO + desponte na transversal do hilo + 0,05% de NaClO
Contagens		1 ^a 7 dias final 14 dias
<i>Gallesia integrifolia</i> Pau-d'alto 24092		Substrato/ Modo Temperatura/ Luz
	Métodos pré-germinativos	Retirar o cálice + solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 10 dias final 17 dias
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Mutamba-verdadeira 24131	Substrato/ Modo/ Recipiente
Temperatura/Luz		25 °C/ contínua
Métodos pré-germinativos		Água à 90 °C + solução de detergente ¹
Contagens		1 ^a 7 dias 2 ^a e final 14 e 21 dias
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> Ipê-dourado 23305	Substrato/ Modo Temperatura/ Luz	Papel de filtro/ Rolo de papel 25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 7 dias final 14 dias
	<i>Handroanthus impetiginosus</i> Ipê-roxo-de-bola 23326	Substrato/ Modo Temperatura/ Luz
Métodos pré-germinativos		0,025% de NaClO
Contagens		1 ^a 14 dias final 21 dias
<i>Handroanthus roseo- albus</i> Ipê-branco 23308		Substrato/ Modo Temperatura/ Luz
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 10 dias final 17 dias
	<i>Hymenaea courbaril</i> Jatobá 24177	Substrato/ Modo Temperatura/ Luz
Métodos pré-germinativos		0,025% de NaClO + escarificação na região oposta à micrópila + 0,025% de NaClO + embebição por 48 h + solução de detergente ¹
Contagens		1 ^a 21 dias final 28 dias

Continua...

“Continuação...”		
Espécie/ Família/ Nome popular/ RNC	Método	
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Jatobá-do-cerrado 24184	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel duplo
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,025% de NaClO + escarificação na região oposta à micrópila + 0,025% de NaClO + embebição por 48 h + solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 21 dias final 28 dias
<i>Jacaranda cuspidifolia</i> Carobão 24233	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 21 dias final 28 dias
<i>Jacaranda micrantha</i> Caroba-rosa 24235	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel (Substrato mais seco)
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 21 dias 2 ^a e final 28 e 42 dias
<i>Lafoensia pacari</i> Pacari-verdadeiro 24305	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 14 dias final 21 dias
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Sansão-do-campo 12505	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente + desponte no terço superior/ região oposta à micrópila + solução de detergente
	Contagens	1 ^a 5 dias final 10 dias
<i>Mimosa scabrella</i> Bracatinga-comum 24473	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,05% de NaClO + tratamento térmico à 80 °C + embebição por 24 h + 0,05% de NaClO
	Contagens	1 ^a 5 dias final 10 dias
<i>Ormosia arborea</i> Tento-vermelho 24527	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,05% de NaClO + escarificação na lateral/ terço superior porção vermelha + 0,05% de NaClO + embebição por 24 h
	Contagens	1 ^a 21 dias final 28 dias
<i>Parapiptadenia rigida</i> Angico-vermelho 24547	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 7 dias final 14 dias

“Continua...”

“Continuação...”		
Espécie/ Família/ Nome popular/ RNC	Método	
<i>Parkia pendula</i> Visgueiro-bolota 24554	Substrato/ Modo Temperatura/ Luz	Papel de filtro/ Rolo de papel 30 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,05% de NaClO + desponte na lateral/ terço superior + 0,05% de NaClO
	Contagens	1 ^a 7 dias final 14 dias
<i>Peltogyne confertiflora</i> Pau-roxo-da-várzea 24565	Substrato/ Modo Temperatura/ Luz	Papel de filtro/ Rolo de papel 25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,05% de NaClO + embebição por 24 h
	Contagens	1 ^a 21 dias final 28 dias
<i>Peltophorum dubium</i> Canafistula-branca RNC: 23304	Substrato/ Modo Temperatura/ Luz	Papel de filtro/ Rolo de papel 25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Desponte na região oposta à micrópila + solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 7 dias final 14 dias
<i>Plathymenia reticulata</i> Vinhático-do-campo 24607	Substrato/ Modo Temperatura/ Luz	Papel de filtro/ Rolo de papel 25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,5% de NaClO + desponte na lateral/ terço superior + 0,025% de NaClO
	Contagens	1 ^a 10 dias final 16 dias
<i>Pseudobombax tomentosum</i> Embiraçu-peludo 25344	Substrato/ Modo Temperatura/ Luz	Papel de filtro/ Rolo de papel 25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,0125% de NaClO
	Contagens	1 ^a 10 dias final 17 dias
<i>Pterogyne nitens</i> Pau-amendoim 25362	Substrato/ Modo Temperatura/ Luz	Papel de filtro/ Rolo de papel 25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,025% de NaClO + desponte na lateral/ terço superior + solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 7 dias final 14 dias
<i>Qualea grandiflora</i> Pau-terra-grande 25367	Substrato/ Modo Temperatura/ Luz	Papel de filtro/ Rolo de papel 25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 28 dias final 35 dias
<i>Schinus terebinthifolius</i> Aroeira-pimenteira 25492	Substrato/ Modo/ Recipiente Temperatura/ Luz	Papel mata borrão/ Sobre papel/ Caixa gerbox 25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 10 dias final 18 dias
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i> Paricá 25496	Substrato/ Modo Temperatura/ Luz	Papel de filtro/ Rolo de papel 25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,025% de NaClO + escarificação na região oposta a micrópila + 0,025% de NaClO + embebição por 24 h + solução de detergente
	Contagens	1 ^a 7 dias final 10 dias

“Continua...”

“Conclusão”		
Espécie/ Família/ Nome popular/ RNC	Método	
<i>Senna macranthera</i> Sena-fedegosa 25516	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,05% de NaClO + desponte na lateral/ terço superior + 0,05% de NaClO
	Contagens	1 ^a 7 dias final 14 dias
<i>Senna multijuga</i> Sena-multijuga 25517	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,05% de NaClO + desponte na região oposta à micrópila + 0,05% de NaClO
	Contagens	1 ^a 4 dias final 7 dias
<i>Stryphnodendron barbadetimam</i> Fava-xixica sem registro	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,125% de NaClO + desponte na lateral/ terço mediano + 0,125% de NaClO
	Contagens	1 ^a 10 dias final 14 dias
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Barbatimão-polifilo 24640	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,05% de NaClO + desponte na lateral/ terço mediano + 0,05% de NaClO
	Contagens	1 ^a 10 dias final 14 dias
<i>Tabebuia aurea</i> Craibeira 24673	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	Solução de detergente ¹
	Contagens	1 ^a 10 dias 2 ^a e final 15 e 21 dias
<i>Zeyheria tuberculosa</i> Bolsa-de-pastor 24843	Substrato/ Modo	Papel de filtro/ Rolo de papel
	Temperatura/ Luz	25 °C/ contínua
	Métodos pré-germinativos	0,05% de NaClO
	Contagens	1 ^a 14 dias final 21 dias

¹Solução de detergente: proporção de cinco gotas de detergente neutro para 100 mL de água destilada, com permanência das sementes ou dos diásporos por 5 a 10 minutos na solução, seguida de lavagem em água corrente e permanência em água destilada por 3 minutos.

2.2 Detecção de outliers

O primeiro procedimento que antecedeu aos testes das pressuposições foi a verificação da existência de *outliers* por lote, ou seja, valores de percentuais de plântulas normais discrepantes, sempre na escala original, pelo Box-plot (ISTA, 2007). Embora não seja uma pressuposição da análise de variância é prescrito no Manual de Validação da Associação Internacional para Análise de Sementes (ISTA, 2007). Os *outliers* são observações que apresentam grande afastamento das restantes ou são inconsistentes. Após a avaliação e retirada foi feita novamente a representação gráfica para verificar a possível presença de um

novo valor discrepante. Caso a retirada dos *outliers* implicasse em novos na posterior análise, foram retirados apenas aqueles extremos.

Os testes das pressuposições de independência e normalidade dos resíduos, e homogeneidade de variâncias foram realizados tanto na escala original dos dados quanto na escala transformada. A transformação dos dados foi executada segundo a expressão $\sqrt{x/100}$ onde x é o percentual de plântulas normais. Para a análise de variância, a transformação angular foi utilizada apenas nos casos de não atendimento das pressuposições de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade por Levene, ambos a 0,01 de significância.

2.3 Independência dos resíduos

Para o cálculo da estatística d de Durbin-Watson para a independência (Durbin; Watson, 1950) inicialmente os resíduos do modelo foram calculados segundo a expressão (Equação 2):

$$e_{ij} = y_{ijk} - \bar{y}_{ij} \quad \text{para } i=1, 2, 3, \dots, a; \quad j=1, 2, 3, \dots, b; \quad k=1, 2, 3, \dots, n_{ij} \quad (2)$$

onde y_{ijk} é a porcentagem de plântulas normais obtida do i -ésimo lote, j -ésimo laboratório na k -ésima repetição e \bar{y}_{ij} é o percentual médio de plântulas normais do i -ésimo lote e j -ésimo laboratório; a o é número de lotes, b é o número de laboratórios e n_{ij} é o número de repetições do i -ésimo lote e j -ésimo laboratório.

Os resíduos do modelo foram agrupados de acordo com o percentual germinativo, organizados do menor para o maior percentual. A estatística do teste de Durbin-Watson (1950; Equação 3) foi utilizada para determinar se o parâmetro de autocorrelação ρ é ou não zero, sendo a hipótese de nulidade a autocorrelação nula.

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (e_t - e_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n e_t^2} \quad \text{sendo: } e_t = e_{11}, e_{21}, \dots, e_{ij} \quad (3)$$

onde n é o número de repetições, e_t o resíduo da observação t e $e_t - 1$ é o resíduo da observação anterior.

O valor de d foi comparado com os valores críticos superior e inferior, d_U e d_L respectivamente, para os diferentes valores de k (o número de variáveis explicativas, no caso o percentual de plântulas normais) e n .

Quando d foi menor que d_L , a autocorrelação foi considerada positiva; maior que d_U não ocorreu autocorrelação entre os resíduos e entre d_L e d_U o resultado foi considerado inconclusivo (Figura 1). Para espécies com valor de d maior que 2, os valores d_L e d_U alteraram, sendo o limite superior $4 - d_L$, e o limite inferior $4 - d_U$. Quando d foi menor que $4 - d_U$ não ocorreu autocorrelação entre os resíduos; maior que $4 - d_L$ a autocorrelação foi considerada negativa e entre $4 - d_U$ e $4 - d_L$ o resultado foi considerado inconclusivo.

Além da estatística do teste DW realizou-se a análise gráfica para inferir sobre a dependência ou não entre os resíduos em uma plotagem resíduos versus percentuais de plântulas normais.

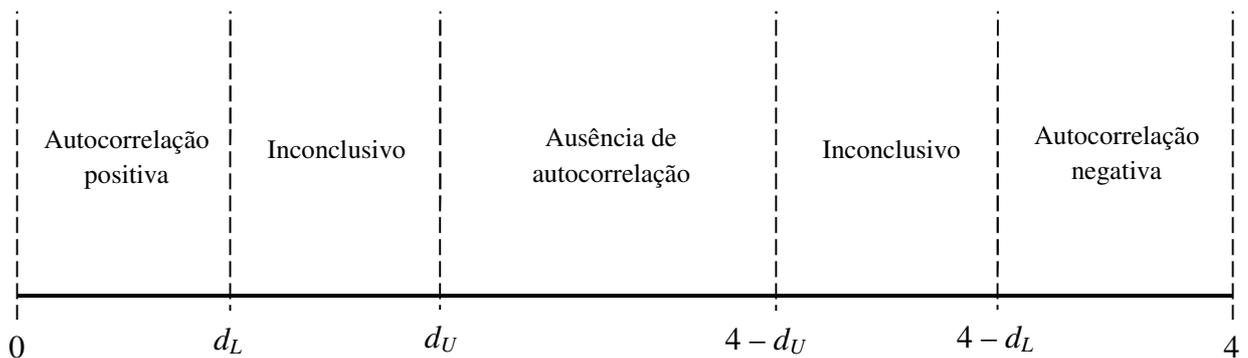


Figura 1. Limites de referência para autocorrelação do teste de Durbin-Watson.

2.4 Normalidade dos resíduos

Os mesmos resíduos do teste de independência foram usados para o teste de Shapiro-Wilk (Shapiro; Wilk, 1965; Equação 4) sendo a normalidade a hipótese de nulidade do teste. Neste teste, quando as probabilidades associadas ao valor da estatística do teste W foram menores que o valor da significância $\alpha=0,05$ ou $\alpha=0,01$, os resíduos não apresentaram distribuição normal, caso contrário, normais. A estatística do teste é definida por:

$$W_c = \frac{g^2}{SQR} \quad (4)$$

sendo: $g = \sum_{i=1}^m a_{i,n} (e_{n-i+1} - e_{ij})$; n o número de repetições; $m = n/2$ se n é par e $m = (n-1)/2$ se n é ímpar (o resíduo mediano é ignorado); e $e_{ij} = y_{ijk} - \bar{y}_{ij}$. para $i = 1, 2, \dots, a$; $j = 1, 2, \dots, b$; $a_{i,n}$ são valores tabelados e SQR é a soma de quadrados do resíduo.

2.5 Homogeneidade de variâncias

Para testar a homogeneidade das variâncias aplicou-se o teste de Levene (Levene, 1960; Equação 5) que tem a vantagem de não ser a distribuição normal dos resíduos como pressuposição para sua aplicação (Almeida et al., 2008). As variâncias de plântulas normais obtidas para cada lote e laboratório foram utilizadas no teste e quando a probabilidade associada a estatística F de Levene foi menor que a significância $\alpha = 0,5$ ou $\alpha = 0,01$ as variâncias foram consideradas heterogêneas, caso contrário, homogênea. A estatística do teste é definida por:

$$F = \frac{(n - n_j) \sum_{j=1}^{n_j} n_t (\bar{Z}_{j.} - \bar{Z}_{..})^2}{(n_j - 1) \sum_{j=1}^{n_j} \sum_{v=1}^n (Z_{jv} - \bar{Z}_{j.})^2}, \quad (5)$$

sendo $\bar{Z}_{j.} = n_t^{-1} \sum_{j=1}^{n_t} Z_{jv}$, $\bar{Z}_{..} = n^{-1} \sum_{j=1}^{n_j} n_t \bar{Z}_{j.}$ e $Z_{jv} = |y_{jv} - \bar{y}_{j.}|$, onde $\bar{y}_{j.}$ é a média de plântulas normais para o j -ésimo laboratório, neste caso, teste de Levene modificado para a média.

onde $F_{\alpha(n_j-1, n-n_j)}$ é o quantil da distribuição F -Snedecor e α é o valor da significância do teste; n é o número de repetições dividido em n_j subgrupos de tamanhos n_t .

2.6 Análise de variância

Após a inferência dos testes de normalidade e homogeneidade, os procedimentos de análise de variância convencionais foram realizados para os dados originais de plântulas normais para espécies que atenderam todas as pressuposições a 0,01 de significância. Quando

uma das pressuposições não foi atendida a $\alpha=0,01$, os percentuais de plântulas normais foram transformados. Entre os fatores do modelo (lotes e laboratório) e a interação, quando apenas o efeito de lotes apresentou significância ($P < 0,01$), pois foram formados para a priori apresentar qualidade distinta, que o método para teste de germinação de sementes proposto para a espécie foi considerado validado. O modelo de análise de variância foi definido na equação 1.

2.7 Coeficiente de variação

Para avaliar o impacto da transformação angular no coeficiente de variação experimental, este foi calculado em nas escalas original e transformada para os percentuais de plântulas normais das 50 espécies florestais a partir do modelo de análise de variância (Equação 6) segundo a expressão:

$$CV = \frac{\sqrt{QMR}}{\bar{y}_{...}} 100 \quad (6)$$

onde: QMR é o quadrado médio do resíduo da análise de variância e $\bar{y}_{...}$ é a média geral do experimento.

Aos valores numéricos foram atribuídos adjetivos segundo Pimentel-Gomes (1985) e, portanto, foi considerado baixo valores inferiores a 10%, médio quando entre 10 a 20%, alto quando entre 20 e 30% e muito alto quando superiores a 30%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os gráficos de Box-plot por lote revelaram três situações dos percentuais de plântulas normais por espécie e por lote (Anexos A, B, C e D). Uma situação foi a inexistência de valores discrepantes de plântulas normais, ocorridos para 27 das 50 espécies, como em *Qualea grandiflora* (Figura 2a) e *Anadenanthera macrocarpa* (Figura 2b). Algumas espécies (15) demandaram uma retirada de *outlier*, como em *Pterogyne nitens* (Figura 2c,d) e outras espécies (6) demandaram duas retiradas, como *Tabebuia aurea* (Figura 2e,f,g). Para duas espécies *Hymenaea stigonocarpa* (Figura 2h,i) e *Schinus terebinthifolius*, como na segunda retirada foram detectados grande número de *outliers*, foram retirados apenas os da primeira rodada.

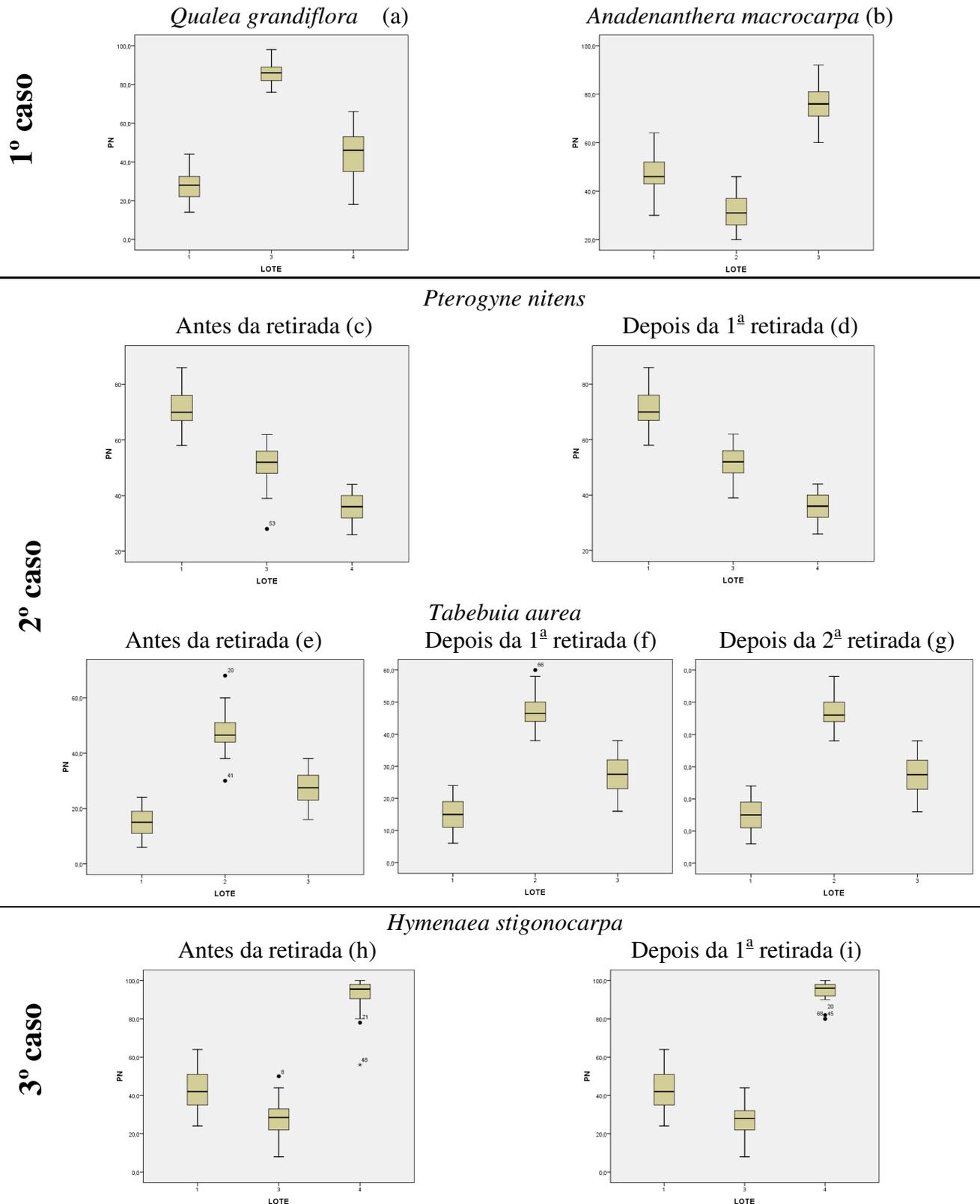


Figura 2. Box-plot para plântulas normais (%) por lote de *Qualea grandiflora* (a) e *Anadenanthera macrocarpa* (b) indicando a ausência de *outlier*; *Pterogyne nitens* com um único *outlier*; *Tabebuia aurea* (e,f,g) com mais de um *outlier* e duas retiradas; e *Hymenaea stigonocarpa* (i,j) que a retirada de *outliers* implicou no surgimento de novos.

A transformação de dados foi aplicada mesmo nas situações onde não foi necessária, para se determinar a eficiência deste procedimento e não se verificou uma tendência seja ela atendendo, violando ou não modificando as pressuposições. Quanto à pressuposição de independência, os resíduos do modelo de análise de variância com dois fatores e interação para o percentual de plântulas normais na escala original e na escala transformada indicaram dependência positiva para a maioria das espécies (Tabela 2). A dependência dos resíduos é comum em testes de germinação uma vez que as observações estão sempre agrupadas ou repetidas (Sileshi, 2012). A transformação de dados não tornou independente os resíduos dependentes na escala original em nenhuma espécie. Pelo contrário, tornou dependentes os resíduos de plântulas normais de *Cedrela fissilis* e *Handroanthus roseo-albus*, originalmente independentes.

O teste estatístico de Durbin-Watson para detecção da dependência dos resíduos de plântulas normais não foi eficaz, dada a ordenação dos resíduos pelos seus respectivos percentuais de germinação. Automaticamente, ao criar tal ordenação, os resíduos tenderão a se organizar em três diagonais crescentes em torno das médias gerais respectivas de cada lote. Isto porque as repetições com percentuais de plântulas normais que foram menores que a média do lote terão menores resíduos, assim como aquelas repetições maiores que a média terão resíduos maiores. Com a proximidade crescente dos resíduos, o numerador da equação do teste de Durbin-Watson tenderá a se tornar menor que o denominador, ocorrendo assim a detecção de dependência positiva, como observado em 30 espécies na escala original dos percentuais e 34 na escala transformada (Tabela 2).

Tabela 2. Estatística do teste de Durbin-Watson (d) para os percentuais de plântulas normais na escala original e na escala transformada ($\arccos(\sqrt{x/100})$) para as 50 espécies florestais do processo de validação de métodos para teste de germinação.

Espécie	Plântulas normais originais		Plântulas normais transformadas	
	d	Resíduo	d	Resíduo
<i>Acacia polyphylla</i>	0,927	depende positivo	1,074	depende positivo
<i>Albizia hassleri</i>	1,589	depende positivo	1,528	depende positivo
<i>Anadenanthera colubrina</i>	1,380	depende positivo	1,303	depende positivo
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	1,768	independente	1,731	independente
<i>Apuleia leiocarpa</i>	1,871	independente	1,688	independente
<i>Astronium fraxinifolium</i>	1,051	depende positivo	1,095	depende positivo
<i>Cariniana estrellensis</i>	0,803	depende positivo	0,802	depende positivo
<i>Cariniana legalis</i>	1,183	depende positivo	1,143	depende positivo

Continua...

Continua...

<i>Cassia leptophylla</i>	1,879	independente	1,892	independente
<i>Cedrela fissilis</i>	1,683	independente	1,521	depende positivo
<i>Cedrela odorata</i>	1,577	depende positivo	1,312	depende positivo
<i>Ceiba speciosa</i>	1,341	depende positivo	1,264	depende positivo
<i>Citharexylum myrianthum</i>	1,352	depende positivo	1,319	depende positivo
<i>Copaifera langsdorffii</i>	2,082	independente	2,391	independente
<i>Cordia americana</i>	0,916	depende positivo	0,996	depende positivo
<i>Cybistax antisyphilitica</i>	1,018	depende positivo	0,879	depende positivo
<i>Dalbergia miscolobium</i>	1,792	independente	1,627	inconclusivo
<i>Dalbergia nigra</i>	0,819	depende positivo	0,690	depende positivo
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	0,834	depende positivo	0,743	depende positivo
<i>Enterolobium maximum</i>	1,405	depende positivo	1,393	depende positivo
<i>Erythrina speciosa</i>	1,682	independente	1,740	independente
<i>Gallesia integrifolia</i>	1,057	depende positivo	1,010	depende positivo
<i>Guazuma ulmifolia</i>	1,934	independente	1,888	independente
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	1,215	depende positivo	1,293	depende positivo
<i>Handroanthusimpetiginosus</i>	1,623	inconclusivo	1,577	depende positivo
<i>Handroanthus roseo-albus</i>	1,726	independente	1,570	depende positivo
<i>Hymenaea courbaril</i>	1,800	independente	1,723	independente
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	1,543	depende positivo	1,588	depende positivo
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	1,813	independente	1,819	independente
<i>Jacaranda micranta</i>	1,478	depende positivo	1,387	depende positivo
<i>Lafoensia pacari</i>	1,826	independente	1,748	independente
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	1,152	depende positivo	1,084	depende positivo
<i>Mimosa scabrella</i>	1,768	independente	1,767	independente
<i>Ormosia arborea</i>	1,629	inconclusivo	1,583	depende positivo
<i>Parapiptadenia rígida</i>	0,785	depende positivo	0,837	depende positivo
<i>Parkia pendula</i>	1,405	depende positivo	1,451	depende positivo
<i>Peltogyne confertiflora</i>	1,618	depende positivo	1,459	depende positivo
<i>Peltophorum dubium</i>	1,485	depende positivo	1,441	depende positivo
<i>Platymenia reticulata</i>	1,330	depende positivo	1,229	depende positivo
<i>Pseudobombax tomentosum</i>	1,177	depende positivo	1,169	depende positivo
<i>Pterogyne nitens</i>	1,359	depende positivo	1,273	depende positivo
<i>Qualea grandiflora</i>	1,458	depende positivo	1,293	depende positivo
<i>Schinus terebinthifolius</i>	2,090	independente	2,094	independente
<i>Schizolobium parahybavar. amazonicum</i>	1,556	depende positivo	1,310	depende positivo
<i>Senna macranthera</i>	1,551	depende positivo	1,502	depende positivo
<i>Senna multijuga</i>	1,771	independente	1,658	independente
<i>Stryphnodendron barbadetiman</i>	1,253	depende positivo	1,293	depende positivo
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i>	1,946	independente	1,983	independente
<i>Tabebuia aurea</i>	2,194	independente	2,160	independente
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	1,968	independente	1,948	independente

Os gráficos de dispersão dos resíduos indicaram menor amplitude à medida que os percentuais de plântulas normais se aproximaram de 100% (Figura 3; Anexo E). Na comparação entre a escala original e a escala transformada, a transformação dos dados causou achatamento dos resíduos, porém com manutenção do mesmo padrão de distribuição.

Os resíduos de plântulas normais de *Cybistax antisyphilitica* indicaram dependência positiva, com tendência dos resíduos se alinharem em três diagonais crescentes tanto na escala

original (Figura 3a), quanto na transformada (Figura 3b). Este comportamento foi observado para todas as espécies com dependência positiva de resíduos pelo teste de Durbin-Watson (Anexo E). Quanto mais aparente foi a diagonalização dos resíduos, maior foi a tendência de dependência positiva, sendo um possível indicador desta classificação para os resíduos. Em contrapartida, resíduos mais dispersos e diagonalização menos aparente levaram a independência de 18 espécies na escala original e 15 na escala transformada, como em *Erythrina speciosa* (Figura 3e,f).

Nos casos onde a transformação de dados levou à dependência dos resíduos, como em *Cedrela fissilis* (Figura 3c,d), a perda desta pressuposição pode ser justificada pelo achatamento dos resíduos próximo ao eixo de plântulas normais. Entretanto, a intensidade deste achatamento varia em cada espécie. Determinadas espécies mantiveram a sua independência com a transformação angular dos dados por mais que visualmente o achatamento dos resíduos tenha sido maior que em *Cedrela fissilis*.

Os casos inconclusivos pelo teste de Durbin-Watson foram raros, apenas para *Dalbergia miscolobium*, *Handroanthus impetiginosus* e *Ormosia arborea* e aconteceram apenas em uma das escalas. O comportamento dos gráficos destas espécies foi semelhante aos gráficos anteriores (Figura 4). Em *Handroanthus impetiginosus* (Figura 4b) e *Ormosia arborea* (Figura 4d), a transformação retirou o valor de d da área inconclusiva para o de dependência positiva no teste de Durbin-Watson.

A análise gráfica torna-se um procedimento ineficiente por não ser possível revelar o quanto da diagonalização leva a independência ou a dependência dos resíduos. Além disso, a escala dos gráficos pode organizar os valores dos resíduos de forma mais achatada ou não, o que impossibilita também averiguar a distribuição dos resíduos pelo gráfico para ratificar a sua dependência ou independência. Entretanto Sileshi (2012) ao plotar os resíduos no eixo vertical e a porcentagem de sementes germinadas no eixo horizontal para avaliar a dependência dos resíduos dentro de diversos modelos estatísticos, concluiu que estes gráficos podem revelar tendências claras se o modelo utilizado é apropriado. Quando os valores dos resíduos estavam dispersos aleatoriamente em torno da linha horizontal, representando $Y = 0$, melhor foi a performance do modelo, revelando assim maior independência dos resíduos.

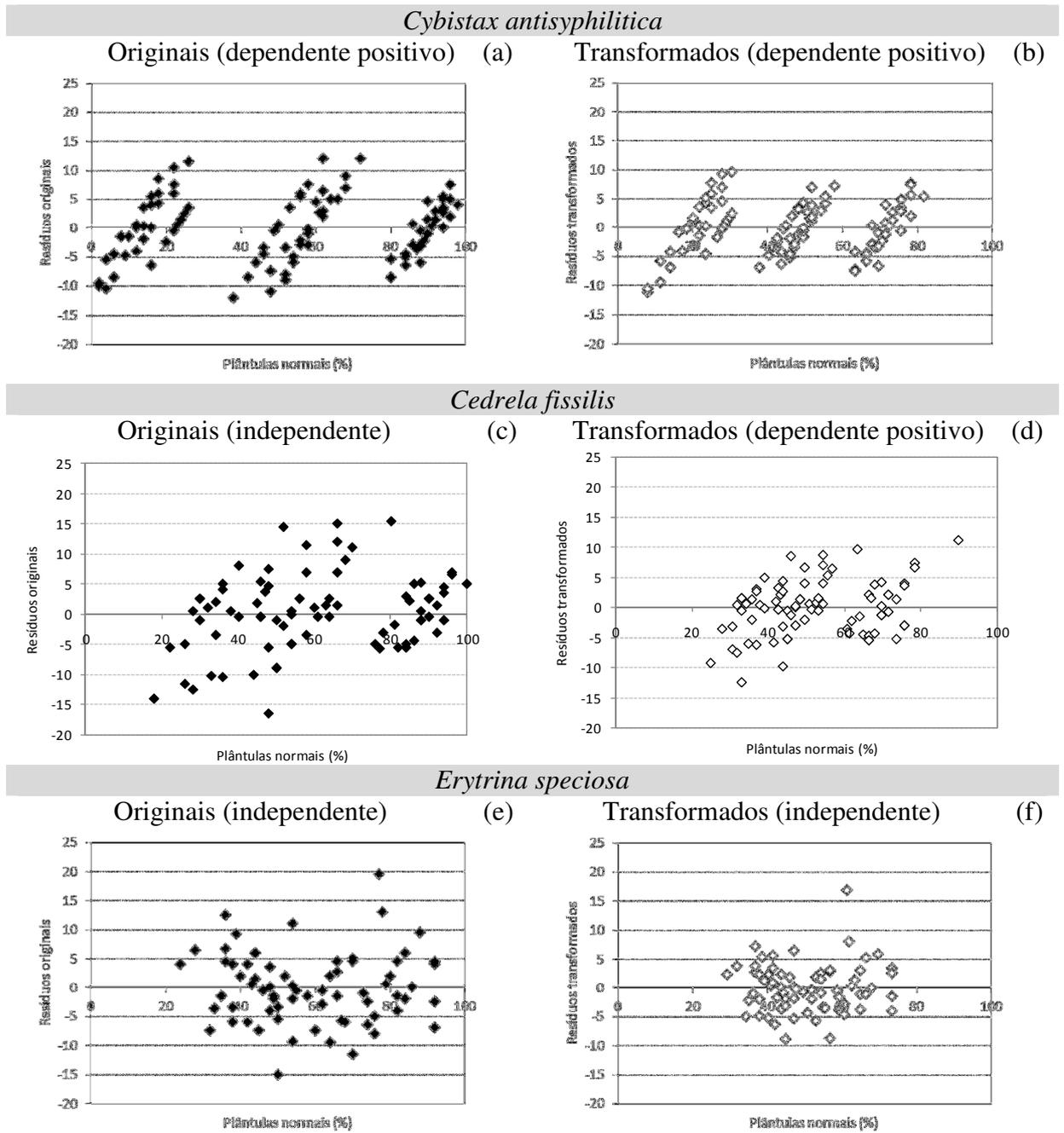


Figura 3. Dispersão dos resíduos de plântulas normais de *Cybistax antisiphilitica* (a, b), *Cedrela fissilis* (c, d) e *Erythrina speciosa* (e, f) do modelo lote, laboratório e interação.

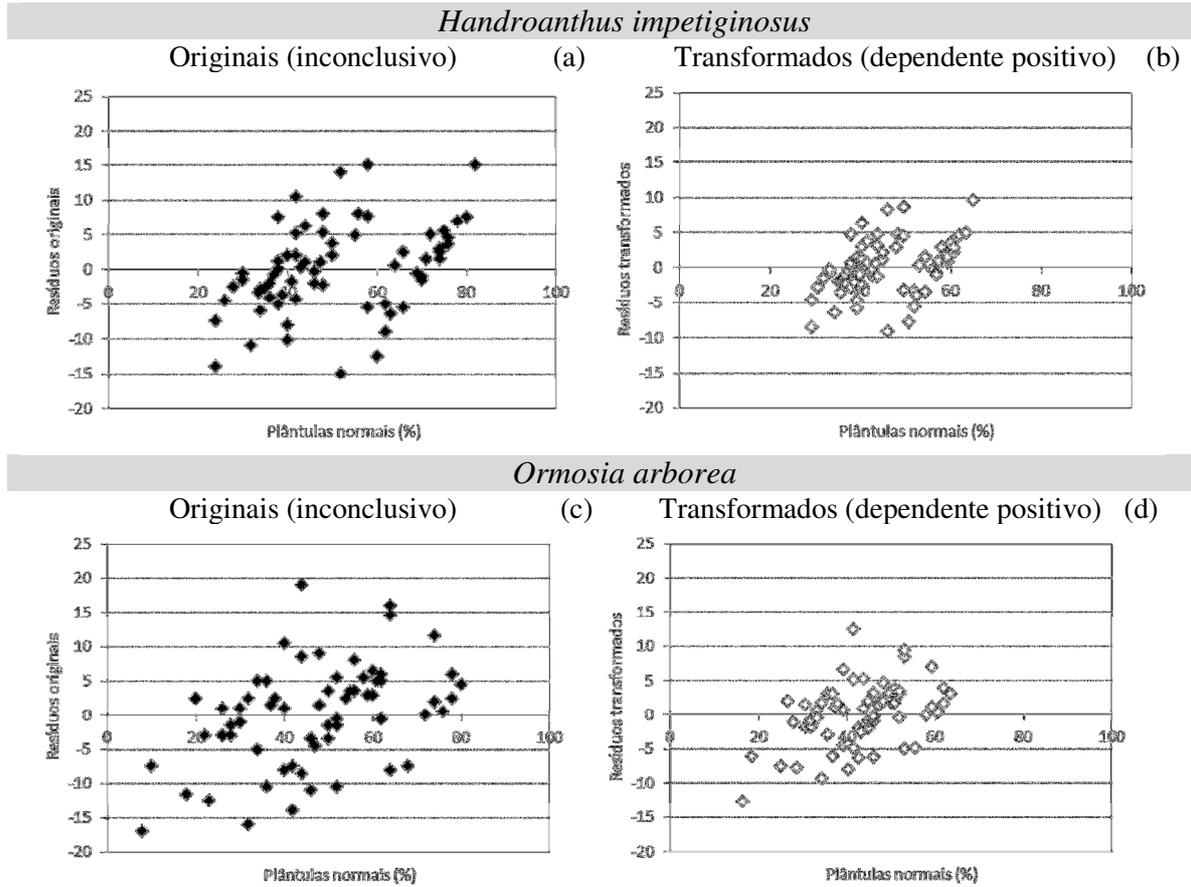


Figura 4. Dispersão dos resíduos de plântulas normais de *Handroanthus impetiginosus* (a, b) e *Ormosia arborea* (c, d) do modelo lote, laboratório e interação.

Das 50 espécies florestais, a transformação angular levou ao atendimento das pressuposições de normalidade e homogeneidade em 13 casos, violou as pressuposições de seis espécies e foi indiferente em 31 espécies. Variâncias de plântulas normais heterogêneas foram mais comuns do que resíduos com distribuição não normal para uma mesma espécie independente da escala, original ou transformada (Tabela 3). Para 19 espécies com variâncias heterogêneas em apenas cinco a transformação de dados corrigiu a pressuposição tornando-as homogêneas. Em outras cinco espécies, a heterogeneidade conseguiu ser corrigida a 0,01 com a transformação. Em *Dalbergia nigra* e *Cedrela odorata*, porém a escala angular causou a perda da homogeneidade das variâncias a 0,01. Resultados semelhantes foram encontrados por Ahrens et al. (1990), ao avaliar o impacto da transformação angular na porcentagem de plantas infestantes controladas, relatando que por mais que a transformação corrigisse problemas de normalidade e homogeneidade em diversos casos, em outros a transformação violou as pressuposições.

A transformação de dados corrigiu a falta de normalidade dos resíduos de *Jacaranda cuspidifolia* e de *Peltogyne confertiflora*, porém levou a perda para *Cariniana legalis*, *Cedrela odorata*, *Copaifera langsdorffii*, *Erythrina speciosa*. Para *Mimosa scabrella*, a transformação manteve a não normalidade dos resíduos. O atendimento da pressuposição de normalidade é um objetivo desejável, mas não principal, uma vez que os modelos lineares são robustos à não-normalidade, porém sensíveis à heterocedasticidade (FARAWAY, 2006). Em *Schinus terebinthifolius* e *Tabebuia aurea* a transformação foi prejudicial, pois a homogeneidade atendida com os dados originais de plântulas normais foi violada na escala transformada. Em *Cedrela odorata* prejudicou o atendimento de ambas as pressuposições a 0,01 e em *Erythrina speciosa* a 0,05. Para *Jacaranda cuspidifolia*, a transformação levou ao atendimento de ambas as pressuposições a 0,05. Para as espécies com pressuposições violadas, os percentuais de plântulas normais entre 0 a 20% e 80 a 100% variaram entre 17,85% a 33,96%. Ahrens et al. (1990) alertam que a transformação angular dos dados não é recomendada para percentuais entre 0 a 20% ou 80 a 100%. Portanto a violação das pressuposições não ocorreu devido a uma alta concentração de valores dentro destes limites não recomendados.

Tabela 3. Estatísticas e probabilidades associadas dos testes de Shapiro-Wilk (Wc) e Levene (F) para os percentuais de plântulas normais na escala original e na escala transformada (arcoseno $\sqrt{x/100}$) para as 50 espécies florestais do processo de validação de métodos para teste de germinação.

Espécies com sementes não dormentes	Wc (probabilidade)		F (probabilidade)	
	originais	transformados	originais	transformados
<i>Acacia polyphylla</i>	0,983 (0,427)	0,986 (0,611)	3,139 (0,001)	2,363 (0,009)
<i>Anadenanthera colubrina</i>	0,983 (0,450)	0,988 (0,728)	2,369 (0,008)	2,286 (0,011)
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	0,993 (0,912)	0,990 (0,684)	1,298 (0,201)	1,134 (0,333)
<i>Astronium fraxinifolium</i>	0,983 (0,419)	0,984 (0,514)	1,393 (0,177)	1,500 (0,130)
<i>Cariniana estrellensis</i>	0,972 (0,074)	0,976 (0,130)	1,477 (0,123)	0,972 (0,074)
<i>Cariniana legalis</i>	0,969 (0,073)	0,964 (0,036)	0,553 (0,911)	0,510 (0,937)
<i>Cedrela fissilis</i>	0,980 (0,204)	0,993 (0,937)	1,340 (0,189)	1,038 (0,434)
<i>Cedrela odorata</i>	0,989 (0,563)	0,964 (0,005)	1,846 (0,020)	2,103 (0,006)
<i>Ceiba speciosa</i>	0,982 (0,284)	0,984 (0,408)	1,255 (0,243)	1,278 (0,227)
<i>Citharexylum myrianthum</i>	0,969 (0,075)	0,986 (0,608)	1,818 (0,050)	1,219 (0,283)
<i>Cybistax antisiphilitica</i>	0,990 (0,595)	0,991 (0,682)	2,326 (0,002)	1,867 (0,018)
<i>Dalbergia miscolobium</i>	0,983 (0,426)	0,980 (0,291)	1,010 (0,462)	0,854 (0,627)
<i>Dalbergia nigra</i>	0,984 (0,498)	0,984 (0,496)	2,042 (0,024)	3,564 (0,000)
<i>Gallesia integrifolia</i>	0,970 (0,086)	0,981 (0,369)	0,722 (0,767)	0,883 (0,596)
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	0,994 (0,966)	0,987 (0,501)	1,695 (0,048)	1,440 (0,125)
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	0,986 (0,592)	0,987 (0,658)	1,534 (0,118)	1,555 (0,111)
<i>Handroanthus roseo-albus</i>	0,983 (0,450)	0,973 (0,135)	0,852 (0,629)	0,737 (0,752)
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	0,965 (0,029)	0,978 (0,198)	1,789 (0,044)	1,552 (0,099)
<i>Jacaranda micrantha</i>	0,980 (0,309)	0,983 (0,464)	1,113 (0,368)	1,013 (0,461)
<i>Lafoensia pacari</i>	0,977 (0,209)	0,976 (0,201)	2,521 (0,005)	2,364 (0,009)
<i>Parapiptadenia rigida</i>	0,971 (0,092)	0,987 (0,668)	2,161 (0,017)	2,232 (0,013)
<i>Peltogyne confertiflora</i>	0,950 (0,003)	0,987 (0,541)	1,678 (0,063)	1,001 (0,474)
<i>Pseudobombax tomentosum</i>	0,972 (0,059)	0,976 (0,115)	1,256 (0,243)	1,279 (0,227)
<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,988 (0,609)	0,987 (0,580)	1,455 (0,131)	2,496 (0,003)
<i>Qualea grandiflora</i>	0,975 (0,166)	0,983 (0,423)	2,736 (0,003)	2,225 (0,014)
<i>Tabebuia aurea</i>	0,987 (0,698)	0,982 (0,437)	1,704 (0,073)	1,976 (0,032)
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	0,986 (0,635)	0,982 (0,416)	0,841 (0,641)	0,794 (0,691)
Espécies com sementes dormentes	Shapiro-Wilk (probabilidade)		Levene (probabilidade)	
	originais	transformados	originais	transformados
<i>Albizia hassleri</i>	0,994 (0,943)	0,995 (0,979)	0,944 (0,544)	1,009 (0,468)
<i>Apuleia leiocarpa</i>	0,969 (0,074)	0,979 (0,263)	1,965 (0,032)	1,461 (0,146)
<i>Cassia leptophylla</i>	0,966 (0,053)	0,970 (0,087)	2,369 (0,009)	2,037 (0,025)
<i>Copaifera langsdorffii</i>	0,986 (0,528)	0,963 (0,019)	1,567 (0,093)	1,733 (0,046)
<i>Cordia americana</i>	0,989 (0,815)	0,982 (0,382)	1,244 (0,264)	0,749 (0,740)
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	0,987 (0,281)	0,987 (0,237)	2,266 (0,001)	1,753 (0,019)
<i>Enterolobium maximum</i>	0,977 (0,209)	0,983 (0,438)	0,549 (0,914)	0,874 (0,604)
<i>Erythrina speciosa</i>	0,985 (0,576)	0,958 (0,020)	1,469 (0,145)	1,995 (0,030)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	0,990 (0,860)	0,988 (0,778)	1,731 (0,070)	1,614 (0,099)
<i>Hymenaea courbaril</i>	0,983 (0,476)	0,983 (0,500)	0,614 (0,864)	0,782 (0,704)
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	0,978 (0,239)	0,976 (0,189)	3,078 (0,001)	2,192 (0,015)
<i>Mimosa caesalpiniaefolia</i>	0,991 (0,808)	0,992 (0,832)	2,328 (0,004)	2,092 (0,010)
<i>Mimosa scabrella</i>	0,975 (0,029)	0,976 (0,037)	1,278 (0,193)	1,288 (0,185)
<i>Ormosia arborea</i>	0,982 (0,393)	0,979 (0,257)	1,306 (0,225)	0,978 (0,224)
<i>Parkia pendula</i>	0,991 (0,883)	0,984 (0,479)	2,088 (0,021)	1,861 (0,043)
<i>Peltophorum dubium</i>	0,977 (0,095)	0,978 (0,107)	1,039 (0,433)	1,001 (0,476)
<i>Platymenia reticulata</i>	0,982 (0,370)	0,980 (0,295)	1,871 (0,042)	1,694 (0,073)
<i>Pterogyne nitens</i>	0,975 (0,163)	0,973 (0,124)	0,566 (0,902)	0,722 (0,767)
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	0,986 (0,543)	0,971 (0,062)	1,788 (0,043)	0,877 (0,615)
<i>Senna macranthera</i>	0,988 (0,578)	0,988 (0,542)	1,287 (0,211)	1,265 (0,226)
<i>Senna multijuga</i>	0,985 (0,575)	0,989 (0,818)	1,661 (0,084)	1,376 (0,189)
<i>Stryphnodendron barbadetiman</i>	0,980 (0,292)	0,975 (0,154)	0,736 (0,752)	0,606 (0,872)
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i>	0,975 (0,164)	0,974 (0,146)	2,026 (0,026)	1,852 (0,045)

Valores em negrito indicam não atendimento da pressuposição a 0,05; valores em vermelho indicam o não atendimento da pressuposição a 0,01.

A única espécie que possuiu problemas nas pressuposições de normalidade e homogeneidade na escala original dos dados foi *Jacaranda cuspidifolia*. As espécies *Cedrela odorata*, *Copaifera langsdorffii* e *Erythrina speciosa* apresentaram ambas pressuposições violadas com os dados transformados. Esse pequeno número de espécies indicou que problemas de normalidade não necessariamente são acompanhados de problemas de homogeneidade e vice-versa. Para nenhuma das espécies, o atendimento de uma pressuposição com a transformação levou a perda de outra pressuposição, que nos dados originais não havia sido atendida. Por outro lado, Sileshi (2012) alerta que essa transformação dos dados pode corrigir uma pressuposição, porém violar outra.

Quanto à análise de variância, todas as espécies conseguiram atingir os critérios para que seus métodos fossem validados, sendo esses a diferença entre plântulas normais para o fator lote, a igualdade estatística entre laboratórios, assim como interação laboratório x lote não significativa a 0,01. Das análises de variância para as 50 espécies (Anexo F), apenas *Acacia polyphylla* (Tabela 4), *Anadenanthera colubrina*, *Cyristax antisiphilitica*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Lafoensia pacari*, *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Qualea grandiflora* necessitaram da transformação angular dos percentuais de plântulas normais para o atendimento da pressuposição de homogeneidade das variâncias, enquanto para *Peltogyne confertiflora* a transformação foi necessária para a correção da normalidade dos resíduos.

Quanto ao impacto da transformação de dados de plântulas normais para espécies com pressuposições atendidas na escala original, em *Parkia pendula* a transformação tornou o efeito de laboratório significativo. A transformação de dados pode afetar a confiabilidade do teste de análise de variância, comprometendo os resultados (WARTON; HUI, 2011).

Tabela 4. Valores do teste de análise de variância para plântulas normais de *Acacia polyphylla* (com dados transformados por falta de homogeneidade), *Parkia pendula* e *Peltogyne confertiflora* (com dados transformados por falta de normalidade dos resíduos), na escala original dos dados e na escala transformada (arcoseno $\sqrt{x/100}$).

Causas da variação	<i>Acacia polyphylla</i> (escala original)			<i>Acacia polyphylla</i> (escala transformada)		
	gl	QM	P	gl	QM	P
Laboratório	5	90,489	0,066	5	53,208	0,016
Lote	2	13273,597	<0,001	2	5851,018	<0,001
Interação	10	15,864	0,946	10	15,087	0,566
Resíduo	54	40,769		54	17,341	
Causas da variação	<i>Parkia pendula</i> (escala original)			<i>Parkia pendula</i> (escala transformada)		
	gl	QM	P	gl	QM	P
Laboratório	5	191,792	0,020	5	148,465	0,004
Lote	2	29079,500	<0,001	2	13400,561	<0,001
Interação	10	105,917	0,121	10	99,627	0,012
Resíduo	53	64,773		53	38,216	
Causas da variação	<i>Peltogyne confertiflora</i> (escala original)			<i>Peltogyne confertiflora</i> (escala transformada)		
	gl	QM	P	gl	QM	P
Laboratório	6	20,691	0,679	6	21,607	0,243
Lote	2	23900,893	<0,001	2	12613,653	<0,001
Interação	12	21,280	0,761	12	15,450	0,481
Resíduo	62	31,152		62	15,835	

A escala em negrito indica aquela utilizada para a validação da metodologia.

Mesmo sendo espécies florestais e altamente influenciadas pelas variabilidades genética e ambiental, os coeficientes de variação na escala original foram baixos (inferiores a 10%; *sensu* Pimentel-Gomes) e médios (entre 10 a 20%) para a maioria das espécies, sendo altos (entre 20 a 30%) apenas para três espécies (Tabela 6). O coeficiente de variação é uma medida comparativa da variabilidade existente entre dois experimentos quanto aos fatores não controlados, mas nunca quanto à qualidade do ensaio (SANTANA; RANAL, 2000). Na escala transformada, os coeficientes de variação reduziram para todas as espécies sendo que para 29 a classificação de Pimentel-Gomes (1985) não foi alterada. A única espécie com aumento de CV com transformação foi *Copaifera langsdorffii*.

As espécies com *CV* alto (*Cariniana legalis*, *Citharexylum myrianthum* e *Gallesia integrifolia*) não apresentam sementes dormentes, portanto não se pode atribuir aos métodos de superação da dormência o aumento da variabilidade entre as repetições. Ainda, nenhuma espécie apresentou problema no atendimento das pressuposições de normalidade e homogeneidade.

Pela constante redução do *CV* na escala transformada e pelo atendimento das pressuposições de espécies com *CV* alto, os coeficientes de variação não foram indicadores da necessidade de transformação angular. Espécies com variâncias heterogêneas e resíduos não normais apresentaram *CV* classificados de baixo e médio na escala original, variando de 9,38 a 16,9%, não havendo conexão de coeficientes de variação elevados com a falta de normalidade dos resíduos e/ou homogeneidade de variâncias.

Dentre as nove espécies com necessidade da transformação, *Anadenanthera macrocarpa* e *Lafoensia pacari* apresentaram alteração na classificação do *CV* de médio para baixo. A classificação de *CV* médio não foi alterada para as espécies *Cybistax antisyphilitica*, *Hymenaea stigonocarpa* e *Qualea grandiflora*, assim como a classificação de baixo para *Acacia polyphylla*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Mimosa caesalpinifolia* e *Peltogyne confertiflora*.

Tabela 5. Coeficientes de variação (*CV*) para percentual de plântulas normais e respectivos adjetivos na escala original e na escala transformada (arcoseno $\sqrt{x/100}$) para as 50 espécies florestais do processo de validação de métodos para teste de germinação.

Espécie	Escala original		Escala transformada	
	<i>CV</i>	Adjetivo	<i>CV</i>	Adjetivo
<i>Acacia polyphylla</i>	9,83	baixo	7,58	baixo
<i>Albizia hassleri</i>	11,41	médio	7,70	baixo
<i>Anadenanthera colubrina</i>	13,24	médio	9,68	baixo
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	13,30	médio	9,25	baixo
<i>Apuleia leiocarpa</i>	11,67	médio	9,65	baixo
<i>Astronium fraxinifolium</i>	13,25	médio	8,50	baixo
<i>Cariniana estrellensis</i>	14,37	médio	9,52	baixo
<i>Cariniana legalis</i>	20,59	alto	13,93	médio
<i>Cassia leptophylla</i>	14,55	médio	10,30	médio
<i>Cedrela fissilis</i>	12,55	médio	9,95	baixo
<i>Cedrela odorata</i>	8,76	baixo	7,33	baixo
<i>Ceiba speciosa</i>	17,05	médio	12,09	médio
<i>Citharexylum myrianthum</i>	20,56	alto	12,52	médio
<i>Copaiifera langsdorffii</i>	6,64	baixo	6,66	baixo
<i>Cordia americana</i>	17,46	médio	12,59	médio
<i>Cybistax antisyphilitica</i>	11,89	médio	10,70	médio

“Continua...”

“Conclusão...”

<i>Dalbergia miscolobium</i>	17,43	médio	12,05	médio
<i>Dalbergia nigra</i>	7,79	baixo	7,53	baixo
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	9,68	baixo	9,56	baixo
<i>Enterolobium maximum</i>	18,80	médio	13,22	médio
<i>Erythrina speciosa</i>	11,73	médio	9,45	baixo
<i>Gallesia integrifolia</i>	21,40	alto	14,32	médio
<i>Guazuma ulmifolia</i>	7,61	baixo	5,79	baixo
<i>Handroanthus roseo-albus</i>	15,45	médio	11,41	médio
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	13,10	médio	9,86	baixo
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	14,19	médio	9,50	baixo
<i>Hymenaea courbaril</i>	9,56	baixo	8,30	baixo
<i>Hymenaea stigonocarpa</i>	16,90	médio	14,35	médio
<i>Jacaranda cuspidifolia</i>	9,19	baixo	6,67	baixo
<i>Jacaranda micrantha</i>	15,12	médio	13,18	médio
<i>Lafoensia pacari</i>	10,33	médio	8,22	baixo
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	9,38	baixo	7,55	baixo
<i>Mimosa scabrella</i>	15,44	médio	10,02	médio
<i>Ormosia arborea</i>	17,68	médio	11,88	médio
<i>Parapiptadenia rigida</i>	12,84	médio	10,46	médio
<i>Parkia pendula</i>	15,14	médio	11,63	médio
<i>Peltogyne confertiflora</i>	9,95	baixo	7,10	baixo
<i>Peltophorum dubium</i>	10,53	médio	7,46	baixo
<i>Platymenia reticulata</i>	13,05	médio	10,57	médio
<i>Pseudobombax tomentosum</i>	11,60	médio	9,24	baixo
<i>Pterogyne nitens</i>	12,25	médio	7,66	baixo
<i>Qualea grandiflora</i>	14,38	médio	10,64	médio
<i>Schinus terebinthifolius</i>	13,61	médio	9,70	baixo
<i>Schizolobium parahyba</i> var. <i>amazonicum</i>	7,60	baixo	7,05	baixo
<i>Senna macranthera</i>	15,31	médio	9,77	baixo
<i>Senna multijuga</i>	9,54	baixo	7,14	baixo
<i>Stryphnodendron barbadetiman</i>	9,63	baixo	7,04	baixo
<i>Stryphnodendron polyphyllum</i>	11,87	médio	8,78	baixo
<i>Tabebuia aurea</i>	18,21	médio	11,42	médio
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	11,43	médio	8,67	baixo

4. CONCLUSÕES

O teste de Durbin-Watson e a análise gráfica não são eficazes em determinar a independência ou dependência dos resíduos de plântulas normais para as 50 espécies;

A transformação angular se mostrou ineficaz para a correção da independência dos resíduos, porém atendeu a homogeneidade de variância e a normalidade dos resíduos para as espécies com essas pressuposições violadas;

Em algumas situações com pressuposições atendidas na escala original, a transformação dos dados se mostrou indevida;

A transformação de dados diminui os valores do coeficiente de variação e, portanto, não é um indicador da heterogeneidade das variâncias.

A dormência das sementes não foi a causa do não atendimento das pressuposições de normalidade, homogeneidade e independência, assim como do aumento da variabilidade entre as repetições.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, W.H.; COX, D.J.; BUDHWAR, G. Use of the arcsine and square root transformations for subjectively determined percentage data. **Weed Science**, v.38, p.452-458, 1990.

ALMEIDA, A.; ELIAM, S.; NOBRE, J. Modificações alternativas aos testes de Levene e de Brown e Forysthe para igualdade de variâncias e médias. **Revista Colombiana de Estatística**, v.31, n.2, p.241-260, 2008.

BRASIL. Instrução Normativa nº 26 de 10 de Setembro de 2012. **Diário oficial da República Federativa do Brasil**, Poder executivo, Brasília, 11, Set. 2012.

BRASIL. Instrução Normativa nº 35 de 14 de Julho de 2011. **Diário oficial da República Federativa do Brasil**, Poder executivo, Brasília, 15, Jul. 2011.

BRASIL. Instrução Normativa nº 44 de 23 de Dezembro de 2010. **Diário oficial da República Federativa do Brasil**, Poder executivo, Brasília, 24, dez. 2010.

CARNEIRO, J.W.P. Avaliação do desempenho germinativo de acordo com os parâmetros da função de distribuição de Weibull. **Informativo ABRATES**, v.4, n.2, p.75-83, 1994.

DRUMMOND, G.B.; TOM, B.D.M. Presenting data: can you follow a recipe? **Advances in Physiology Education**, v.35, p.365-368, 2011.

DURBIN, J.; WATSON, G.S. Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression, I. **Biometrika**, v.37, p.409-428. 1950.

FARAWAY, J.J. **Extending the linear model with R: generalized linear, mixed effects and nonparametric regression models**. Boca Raton: Chapman and Hall, 2006. 312p.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. **ISTA method validation for seed testing**. Bassersdorf: ISTA, 2007. 70p.

KHAN, A.; RAYNER G.D. Robustness to non-normality of common tests for the many-sample location problem. **Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences**, v.7, p.187-206, 2003.

LEVENE, H. Contributions to probability and statistics. Essays in Honor of Harold Hotelling. In: OLKIN, I.; CHURYES, S.G.; HEOFFDING, W.; MADOW, W.G.; MANN, H.B. **Stanford studies in mathematics and statistics**. California: Stanford University Press, p.278-292, 1960.

LITTLE, T.M; HILLS, F.J. **Agricultural experimentations—Design and analysis**. Wiley, New York, 1978. 350 p.

ONOFRI, A.; GRESTA, F.; TEI, F. A new method for the analysis of germination and emergence data of weed species. **Weed Research**, v. 50, p.187-198, 2010.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 1985. 467p.

SANTANA, D.G.; RANAL, M.A. Análise estatística na germinação. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.12, p.205-237, 2000.

SANTOS, C.T. **Linha de solidificação do endosperma como indicativo da qualidade fisiológica de sementes para a colheita de três híbridos de milho (*Zea mays* L.)**. 1998. 91 f. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 1998.

SCAPIM, C.A.; GUEDES, T.A.; CARNEIRO, J.W.P; BRACCINI, A.L.; AMARAL, D. Análise exploratória de conjuntos de dados obtidos durante a maturação de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 24, n.1, p.103-110, 2002.

SCHEINER, S.M. Introduction: theories, hypotheses, and statistics. In: SCHEINER, S.M. & GUREVITCH, J. **Design and analysis of ecological experiments**. New York: Chapman & Hall, p.46-68, 1993.

SCHEFFE H. **The analysis of variance**. Wiley, New York, 1959. 555p.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An Analysis of variance test for normality. **Biometrika**, v.52, p.591-611. 1965.

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

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry**: the principles and practice of statistics in biological research. 3th edition. New York: W. H. Freeman, 1995. 937p.

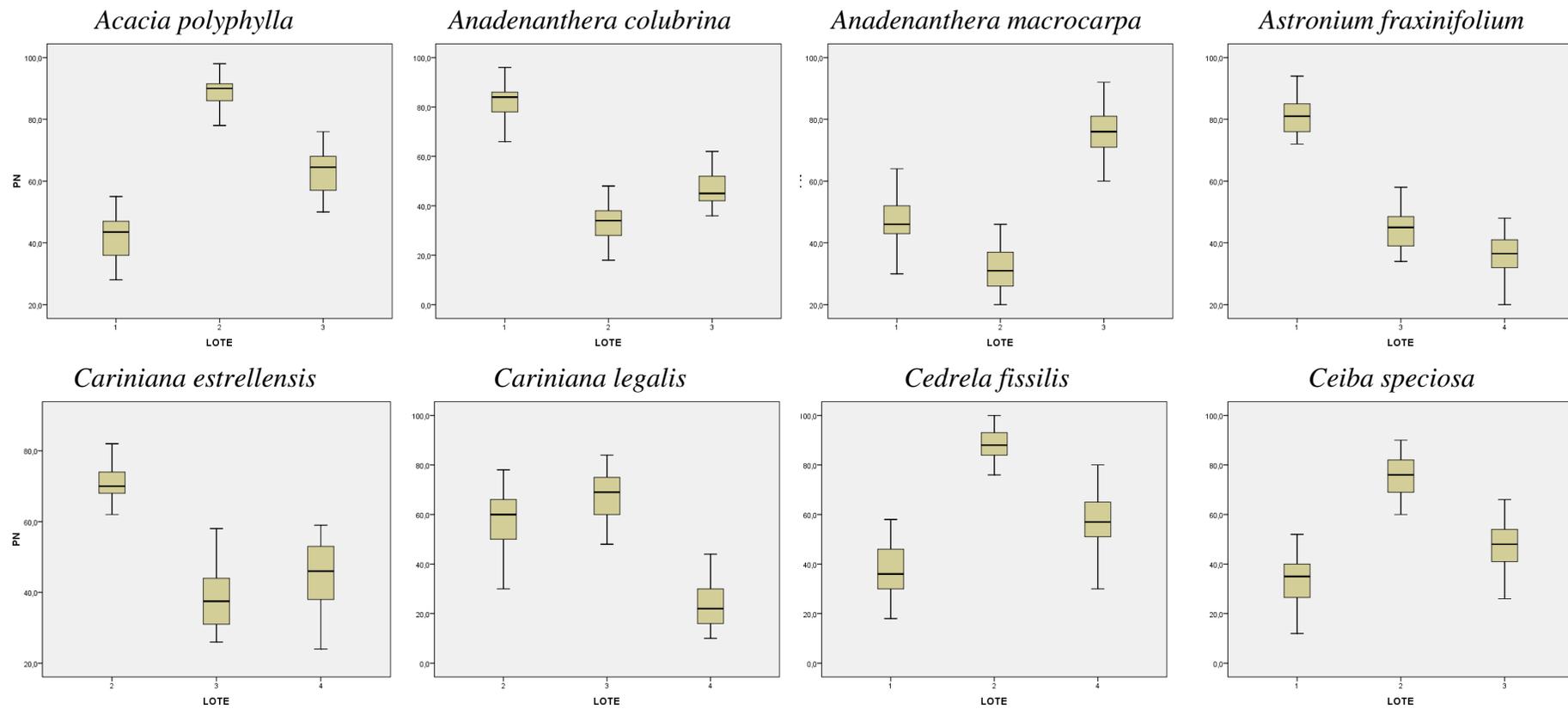
STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.

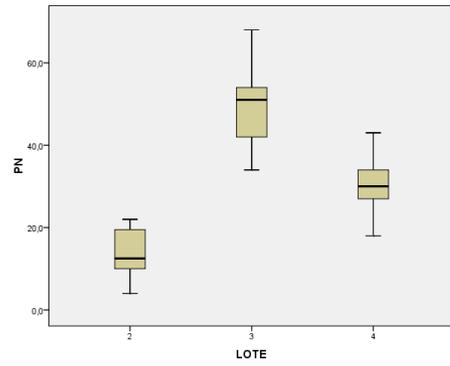
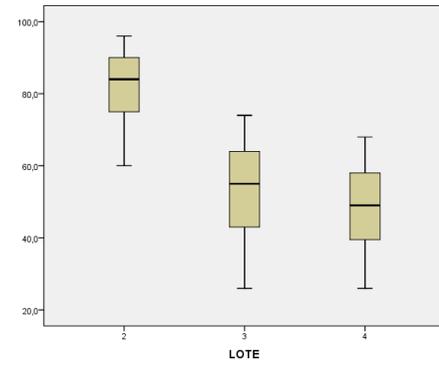
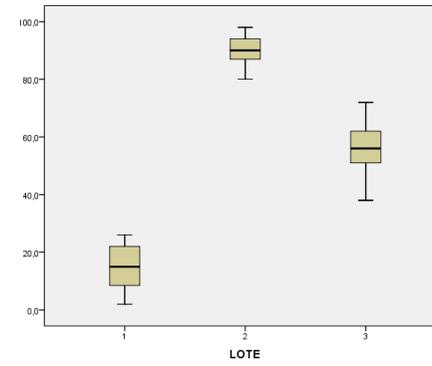
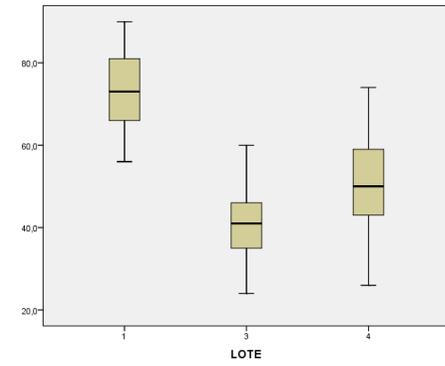
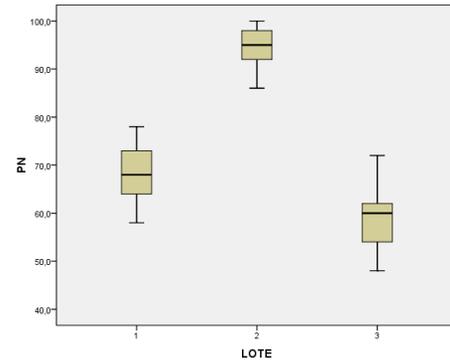
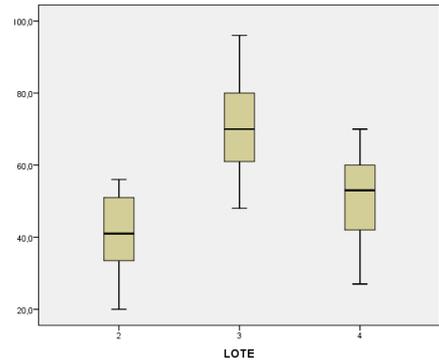
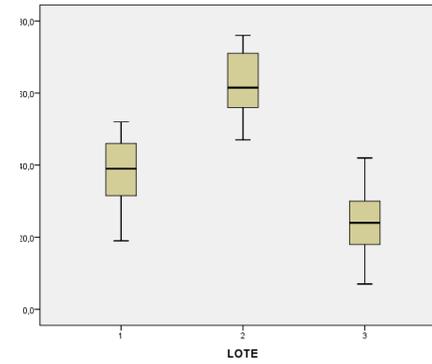
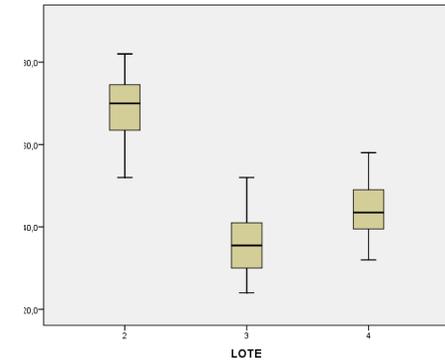
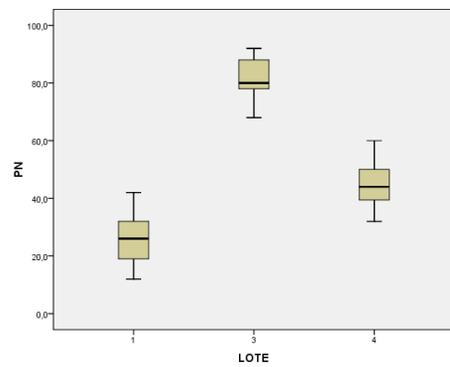
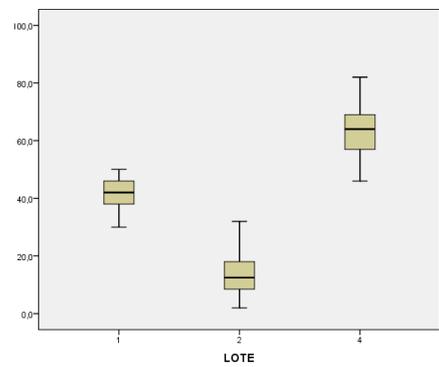
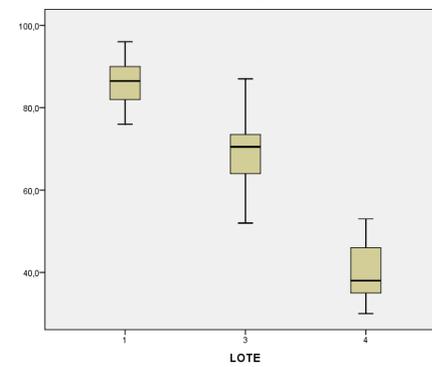
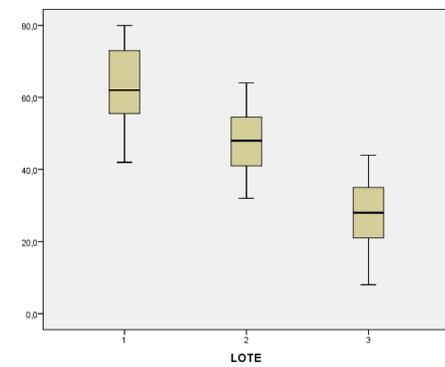
WARTON, D.; HUI, F. The arcsine is asinine: the analysis of proportions in ecology. **Ecology**, v.92, p.3-10, 2011.

WILSON, K.; HARDY, I.C.W. Statistical analysis of sex ratios: an introduction. In: HARDY, I.C.W. **Sex ratios**: Concepts and Research Methods. United Kingdom: Cambridge University Press, p.49-92, 2002.

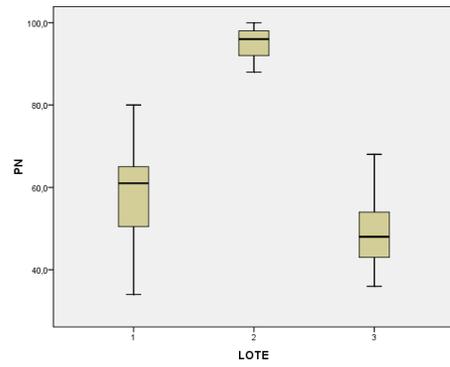
ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. Fourth edition. New Jersey: Prentice Hall, 1998. 662p.

ANEXO A. Box-Plot por lote para teste de germinação de espécies florestais que não apresentaram valores de plântulas normais discrepantes.

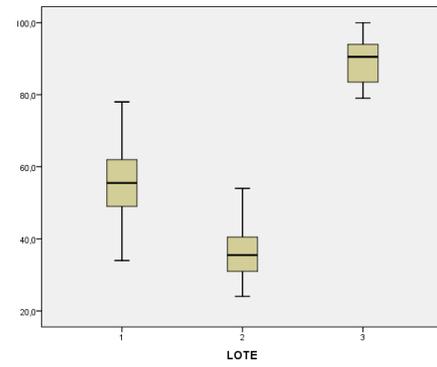


Citharexylum myrianthum*Cordia americana**Cybistax antisiphilitica**Dalbergia miscolobium**Dalbergia nigra**Enterolobium maximum**Galesia integrifolia**Handroanthus impetiginosus**Handroanthus roseo-albus**Jacaranda micrantha**Lafoensia pacari**Ormosia arborea*

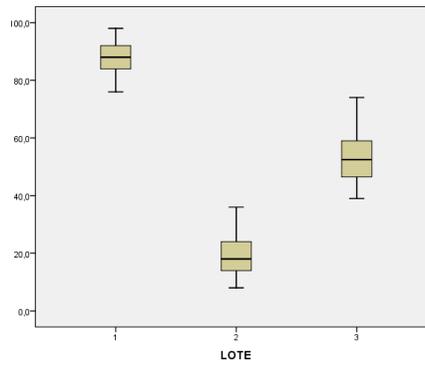
Parapiptadenia rigida



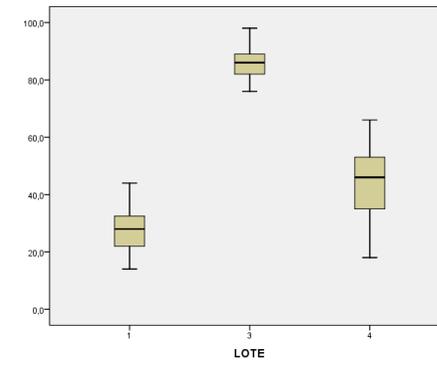
Platymeria reticulata



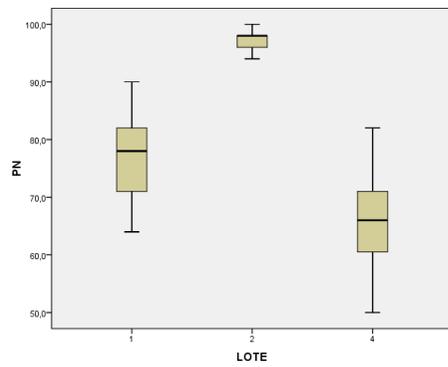
Pseudobombax tomentosum



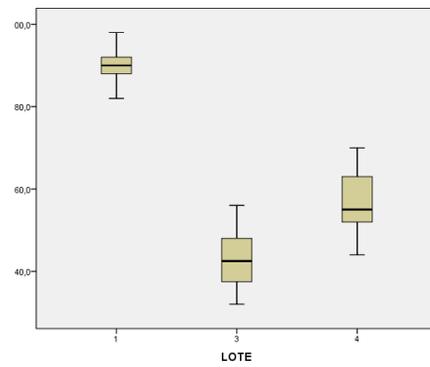
Qualea grandiflora



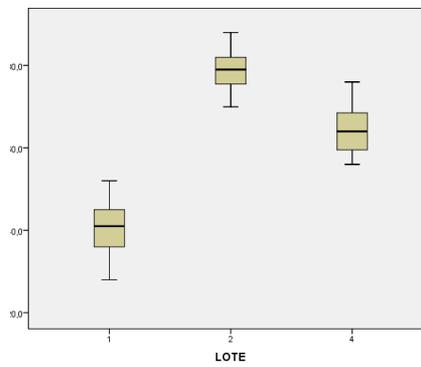
Schizolobium parahyba var. amazonicum



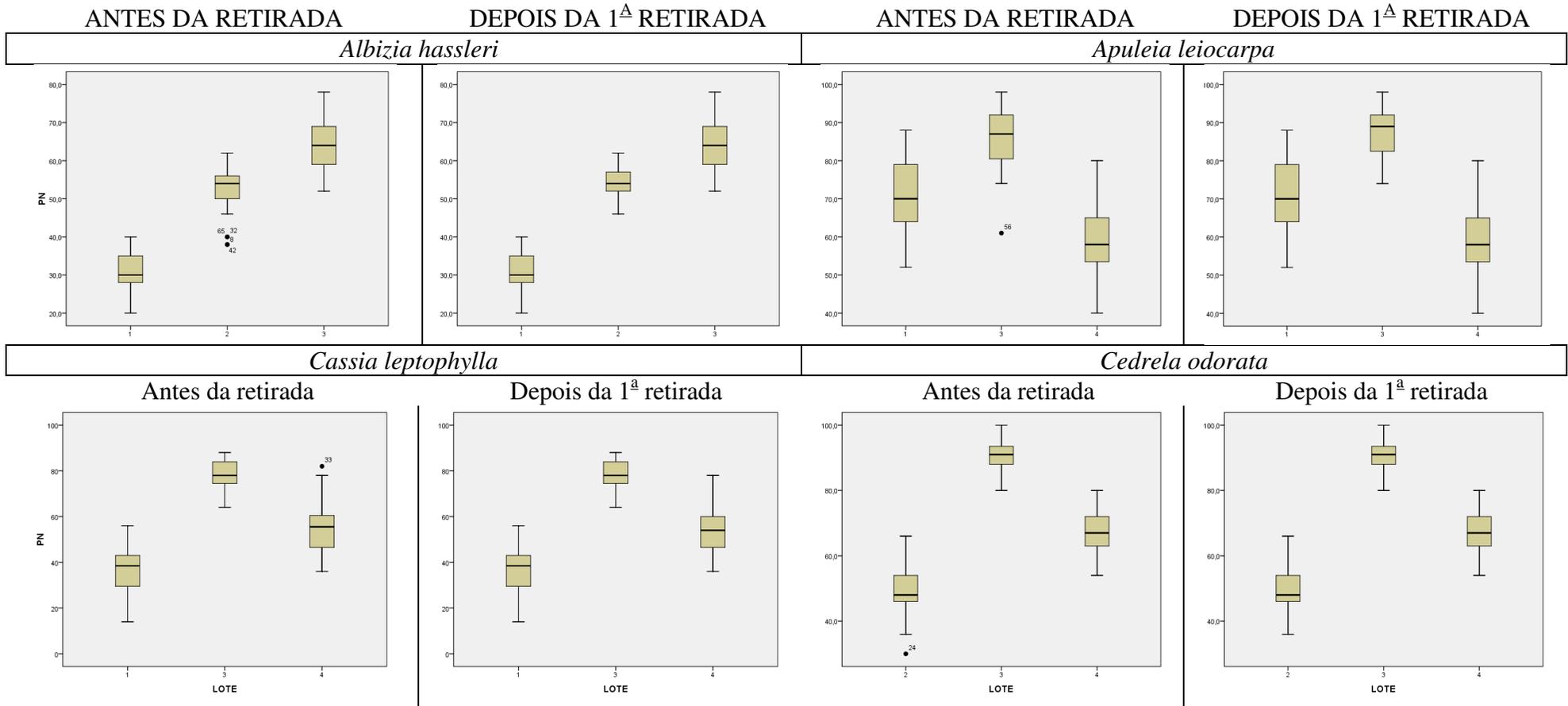
Senna multijuga

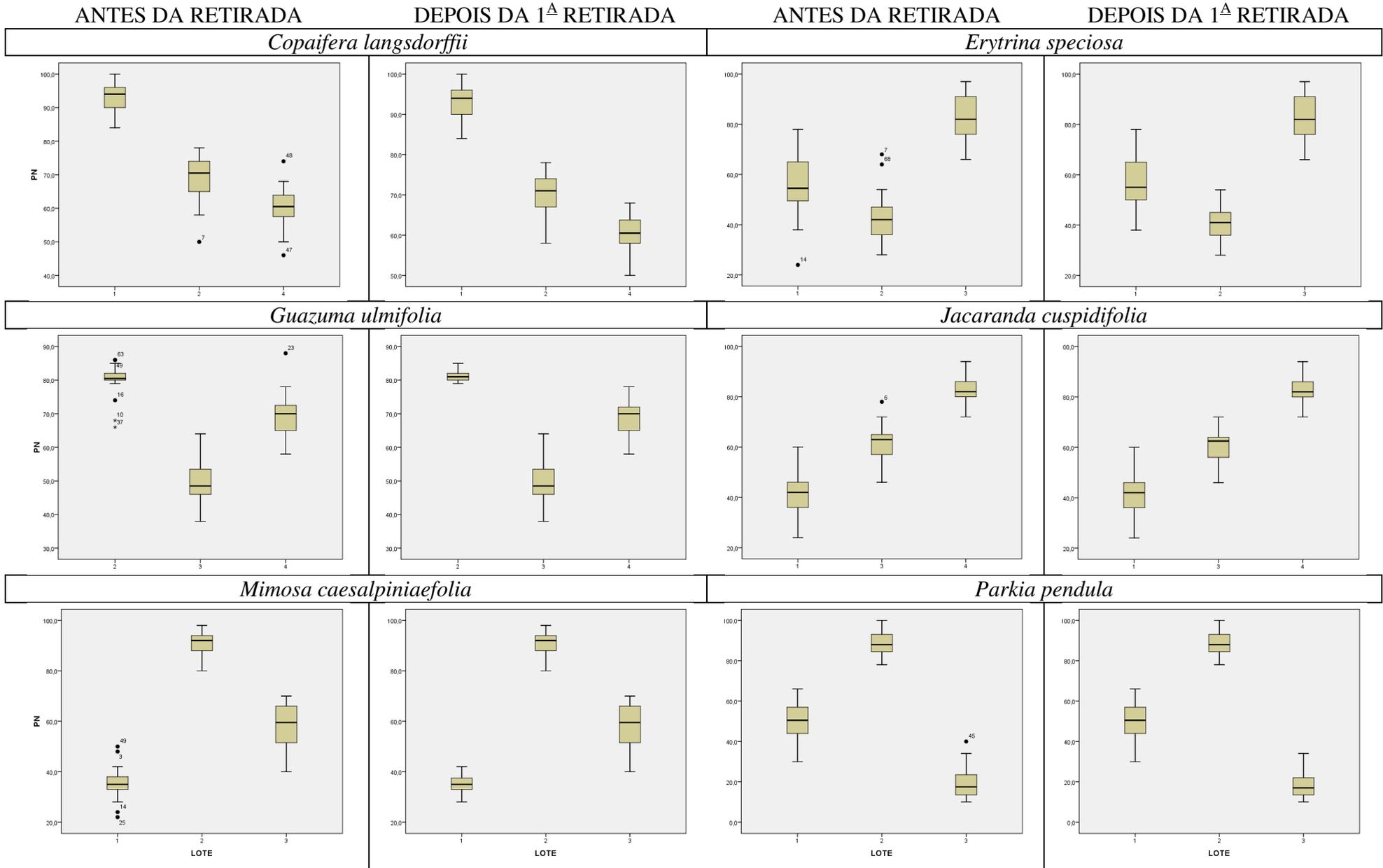


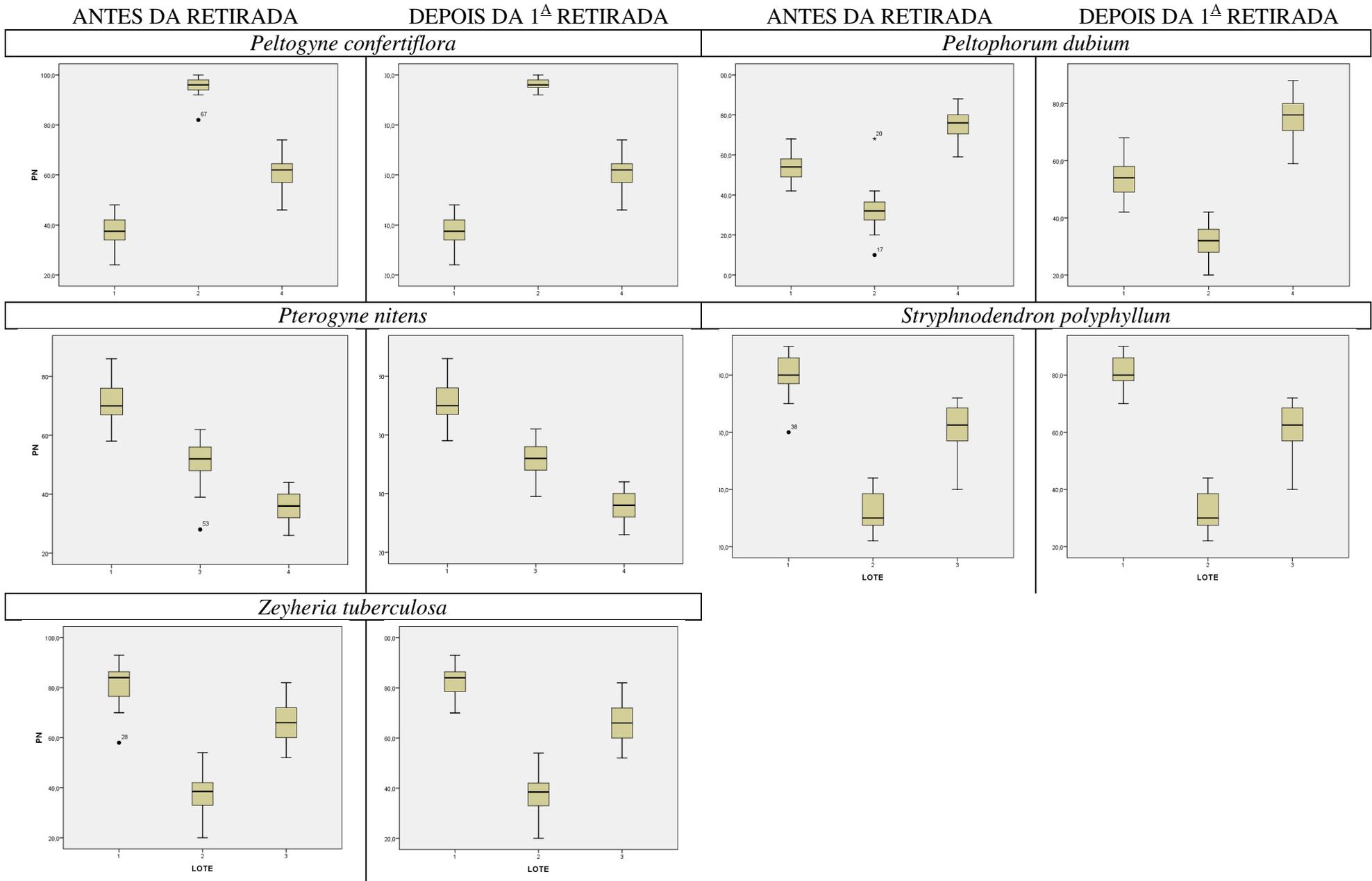
Stryphnodendron barbadetiman



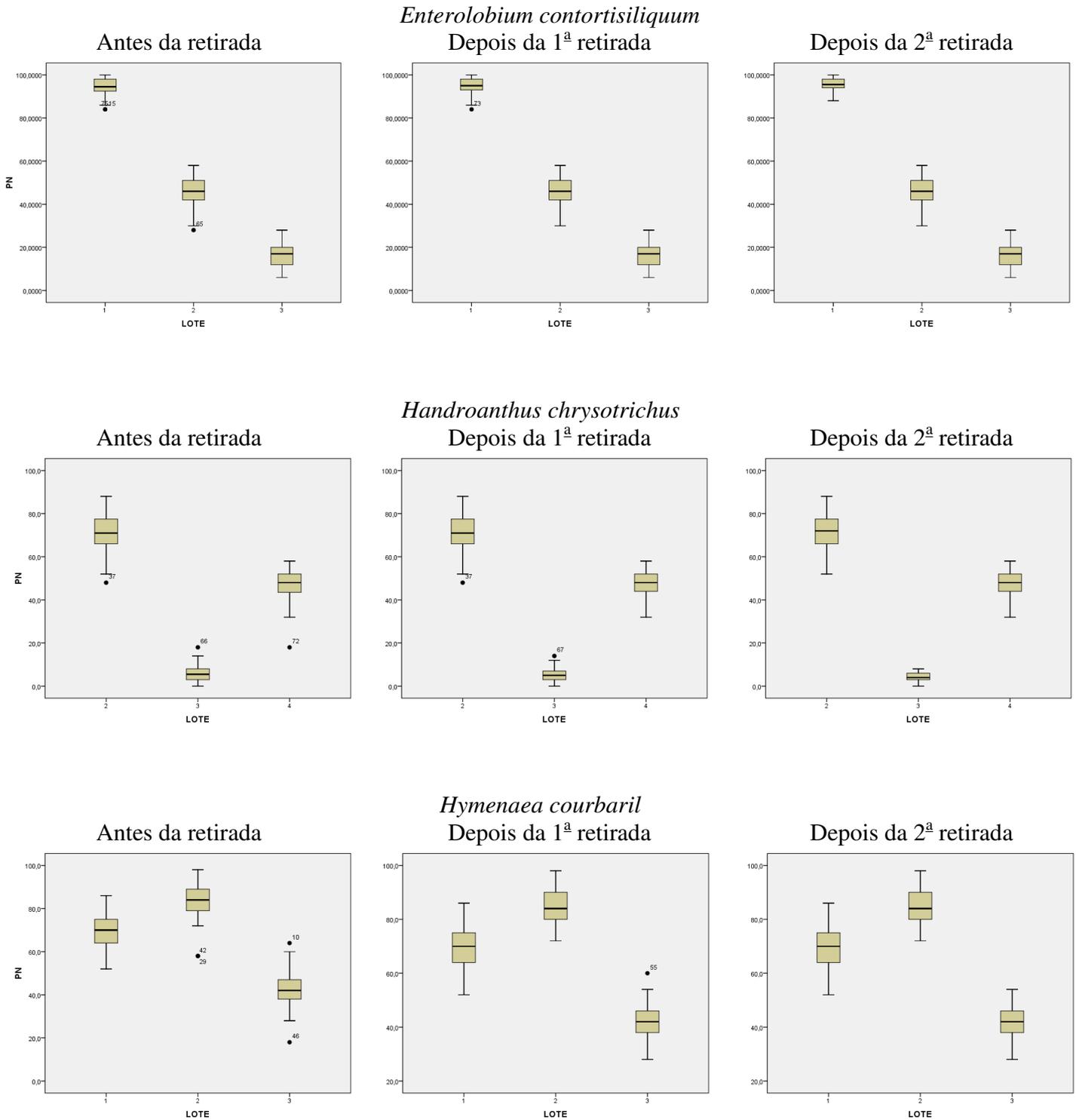
ANEXO B- Box-Plot para as espécies florestais que apresentaram valores de plântulas normais discrepantes e após a primeira retirada não ocorreu surgimento de novos *outliers*.



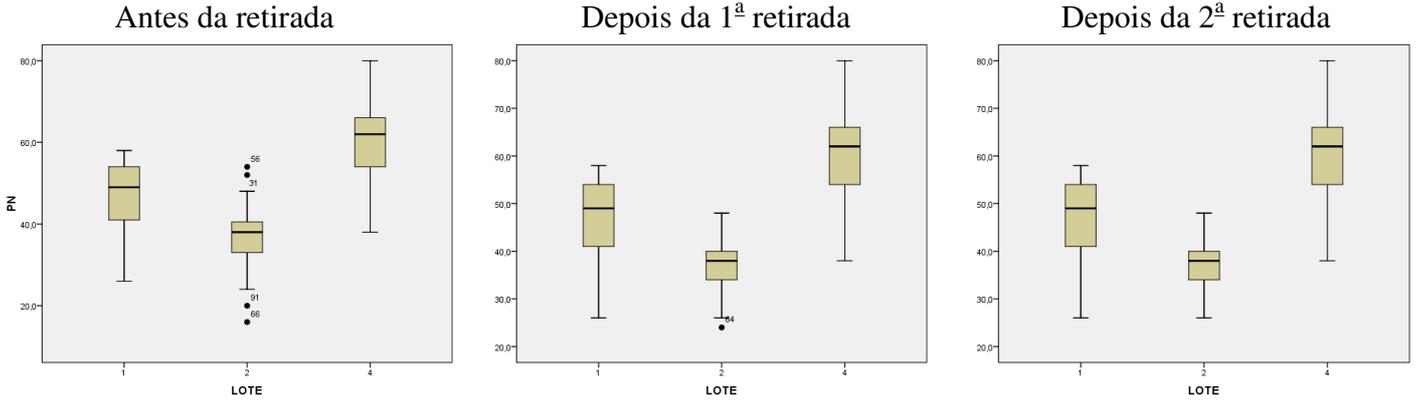




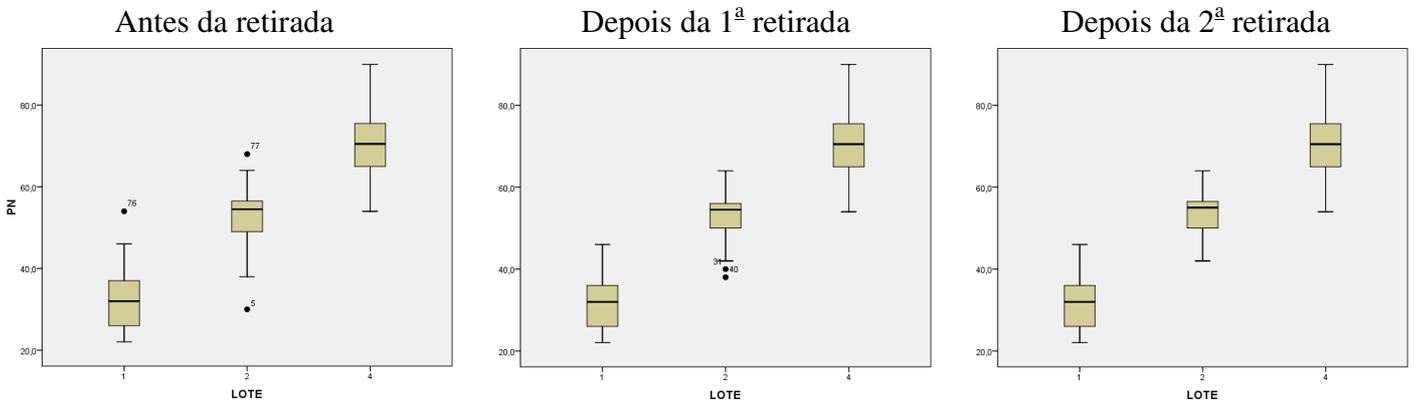
ANEXO C- Box-Plot por lote para as espécies florestais que apresentaram valores de plântulas normais discrepantes e apenas após a segunda retirada não ocorreu surgimento de novos *outliers*.



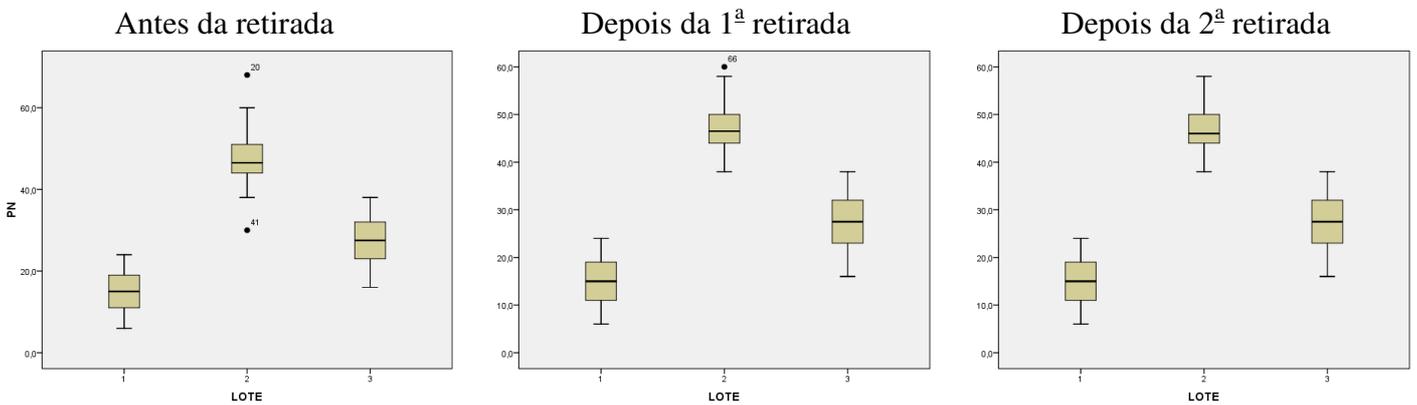
Mimosa scabrella
Depois da 1ª retirada



Senna macranthera
Depois da 1ª retirada



Tabebuia aurea
Depois da 1ª retirada

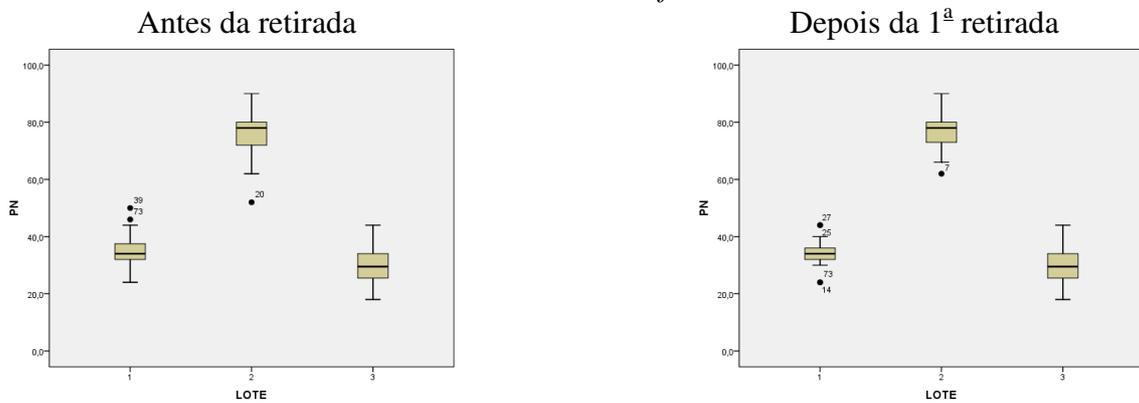


ANEXO D- Box-Plot por lote para as espécies florestais que apresentaram valores de plântulas normais discrepantes e após a retirada de *outliers* implicou no surgimento de novos.

Hymenaea stigonocarpa



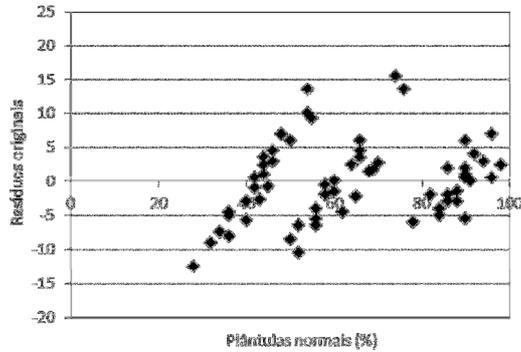
Schinus terebinthifolius



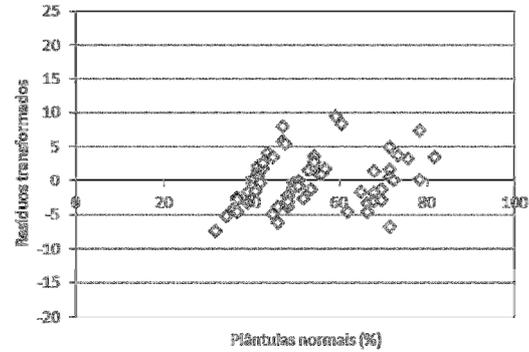
ANEXO E- Dispersão dos resíduos em função dos percentuais de plântulas normais na escala original e na escala transformada (arcoseno) para as 50 espécies florestais do processo de validação de métodos para teste de germinação.

Acacia polyphylla

Originais (dependente)

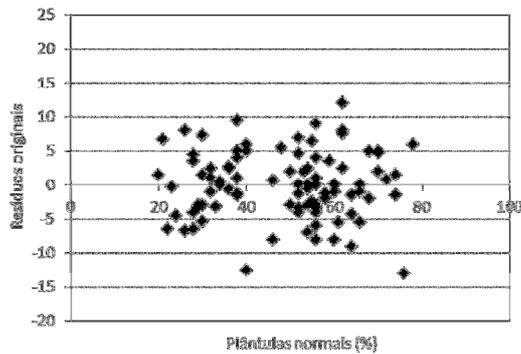


Transformados (dependente)

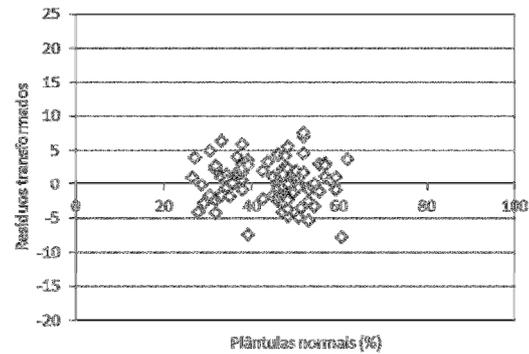


Albizia hassleri

Originais (dependente)

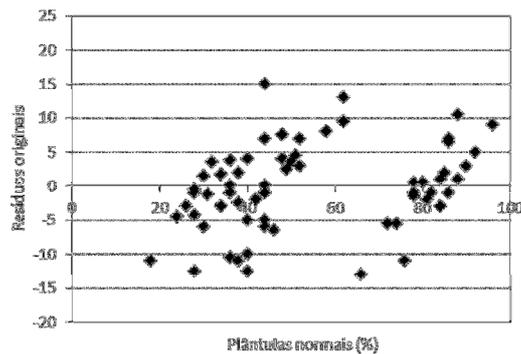


Transformados (dependente)

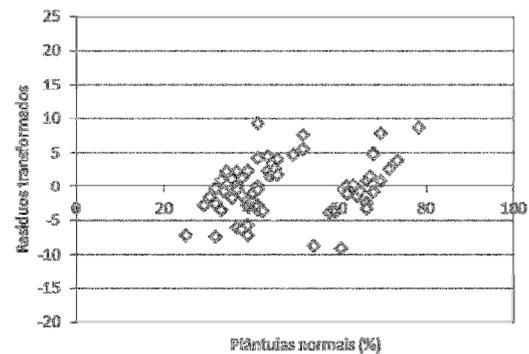


Anadenanthera colubrina

Originais (dependente)

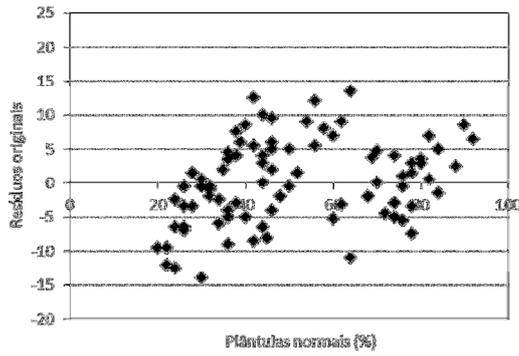


Transformados (dependente)

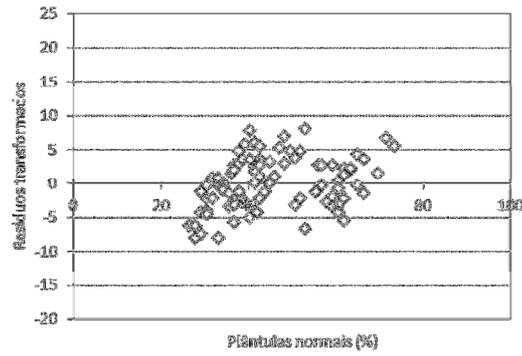


Anadenanthera macrocarpa

Originais (independente)

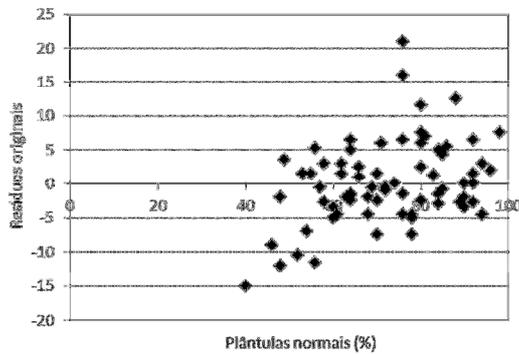


Transformados (independente)

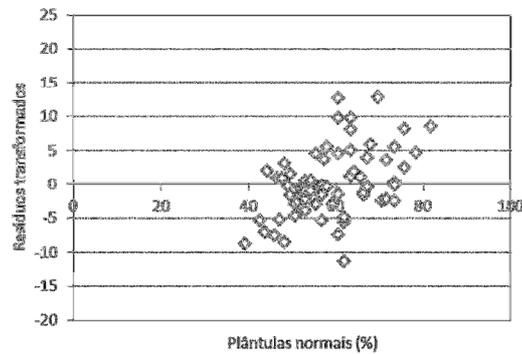


Apuleia leiocarpa

Originais (independente)

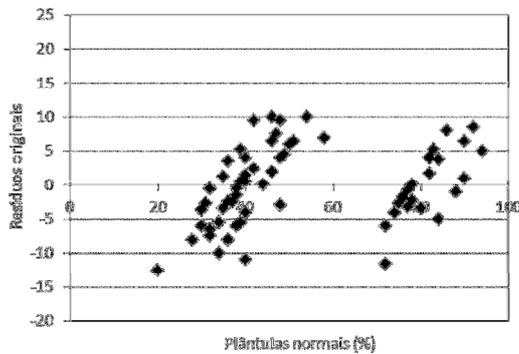


Transformados (independente)

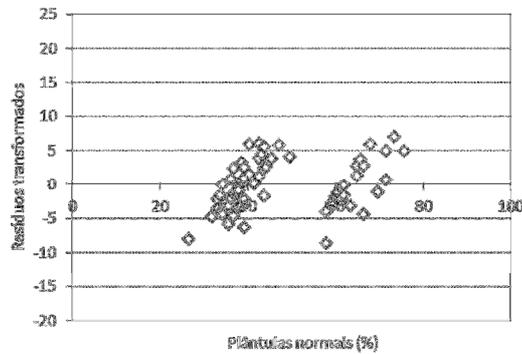


Astronium fraxinifolium

Originais (dependente)

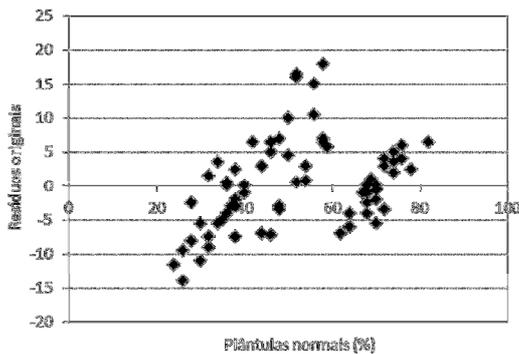


Transformados (dependente)

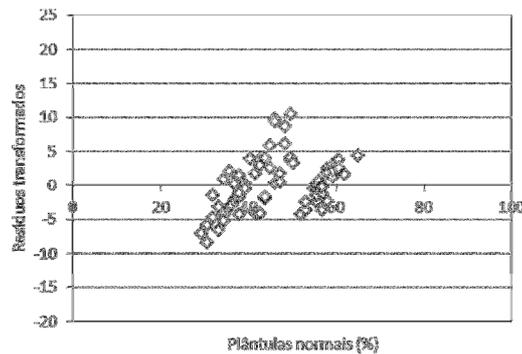


Cariniana estrellensis

Originais (dependente)

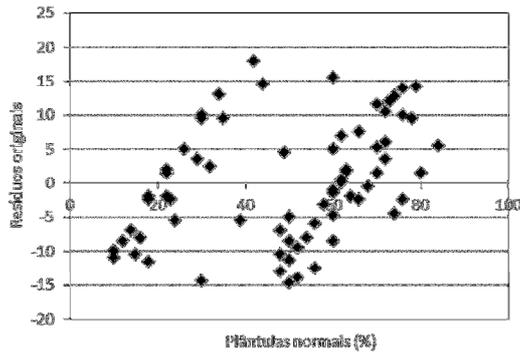


Transformados (dependente)

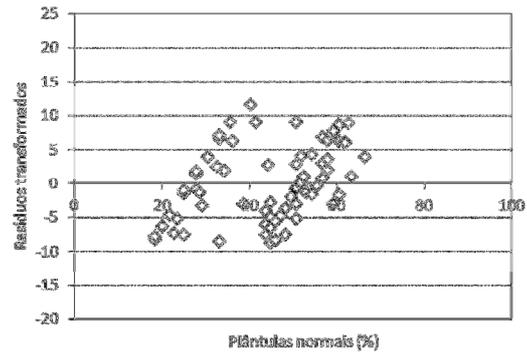


Cariniana legalis

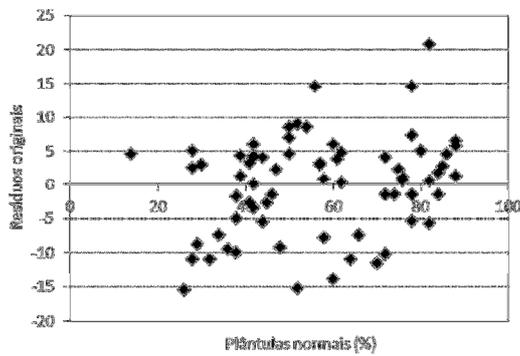
Originalis (dependente)



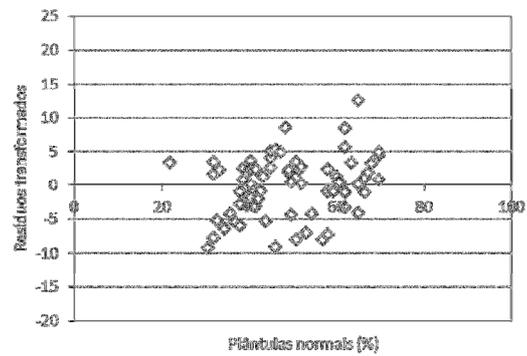
Transformados (dependente)

*Cassia leptophylla*

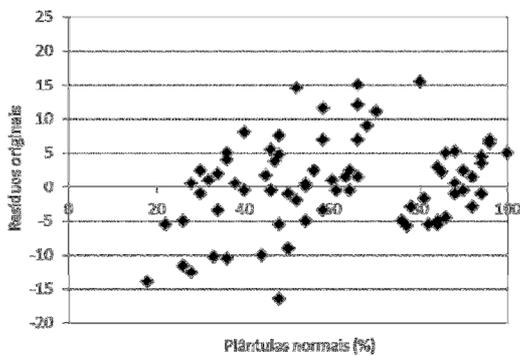
Originalis (independente)



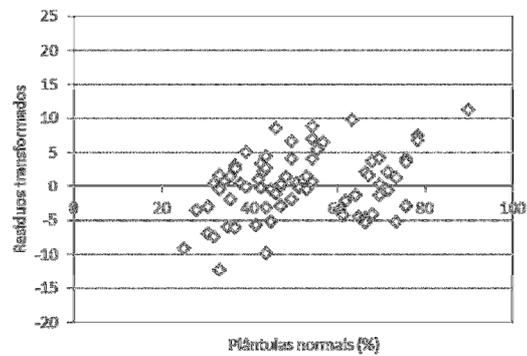
Transformados (independente)

*Cedrela fissilis*

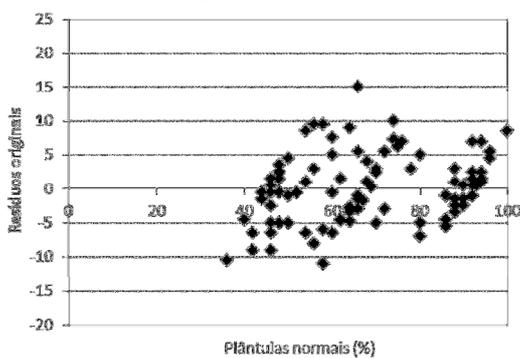
Originalis (independente)



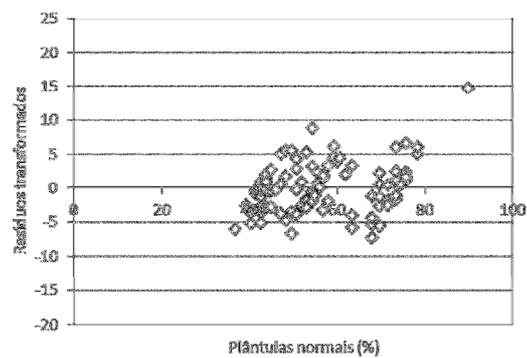
Transformados (dependente)

*Cedrela odorata*

Originalis (dependente)

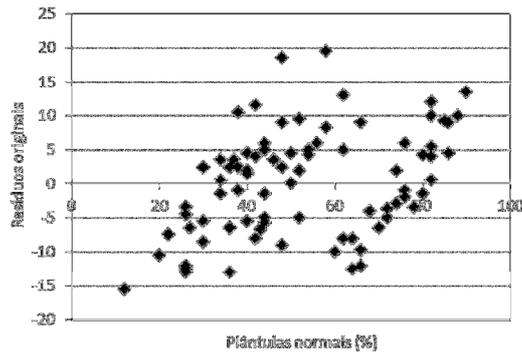


Transformados (dependente)

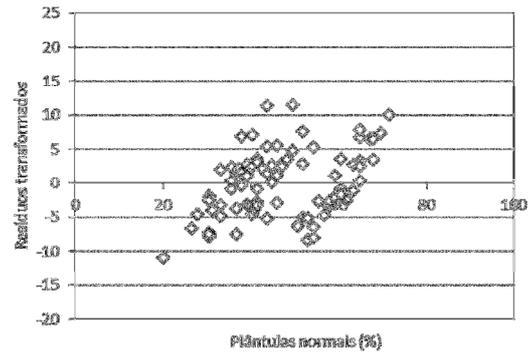


Ceiba speciosa

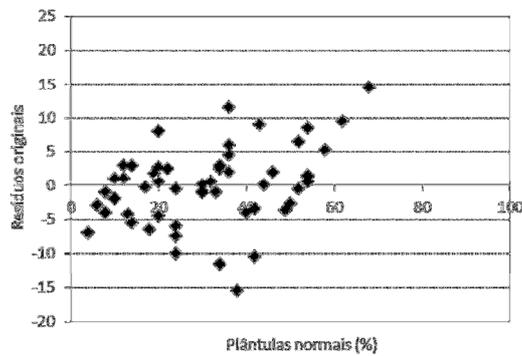
Originais (dependente)



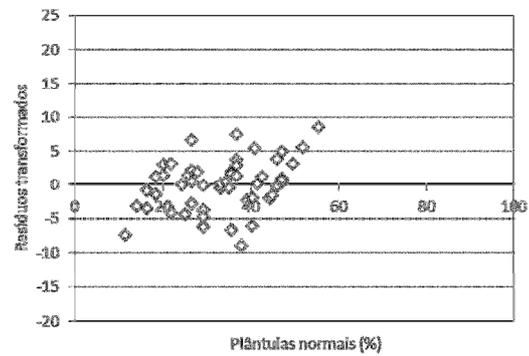
Transformados (dependente)

*Citharexylum myrianthum*

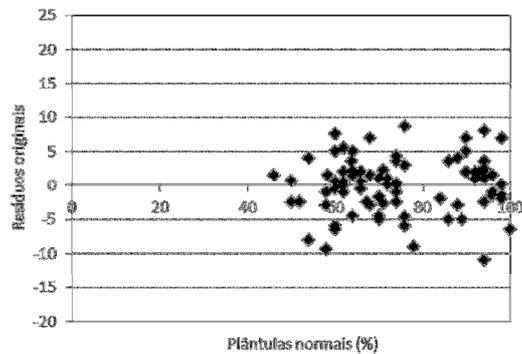
Originais (dependente)



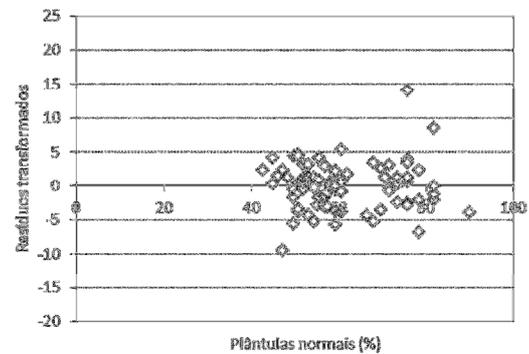
Transformados (dependente)

*Copaifera langsdorffii*

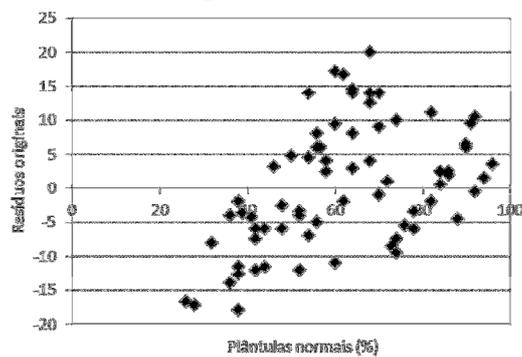
Originais (independente)



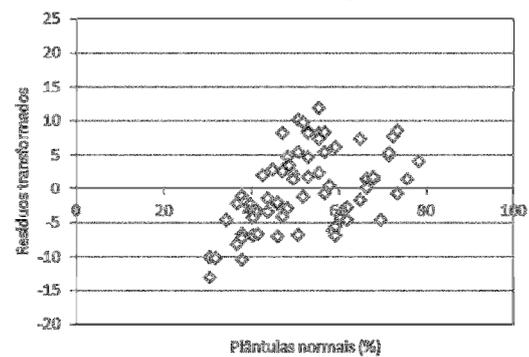
Transformados (independente)

*Cordia americana*

Originais (dependente)

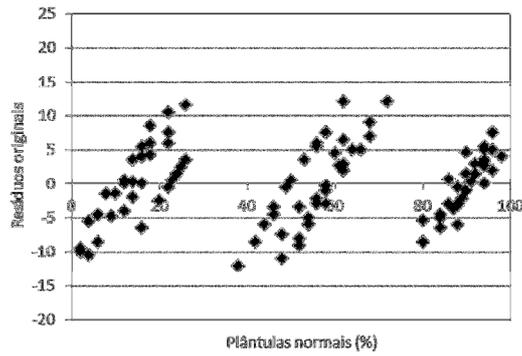


Transformados (dependente)

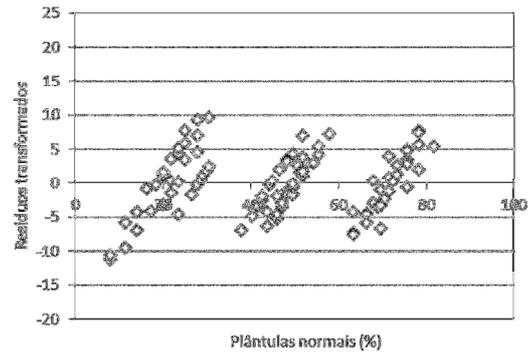


Cybistax antisiphilitica

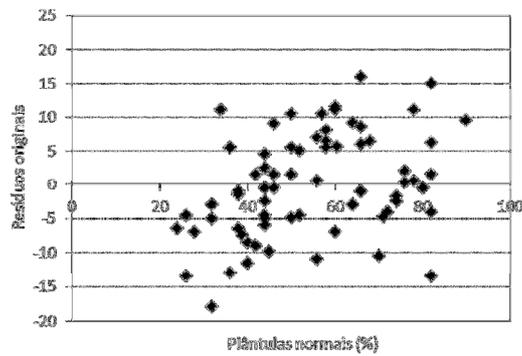
Originalis (dependente)



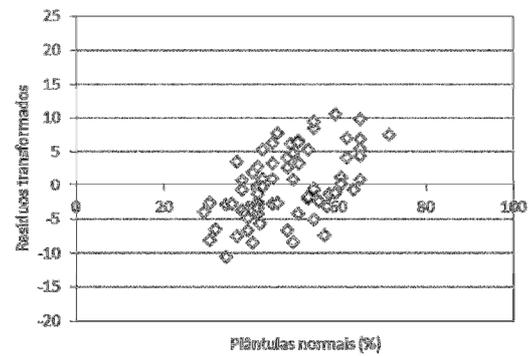
Transformados (dependente)

*Dalbergia miscolobium*

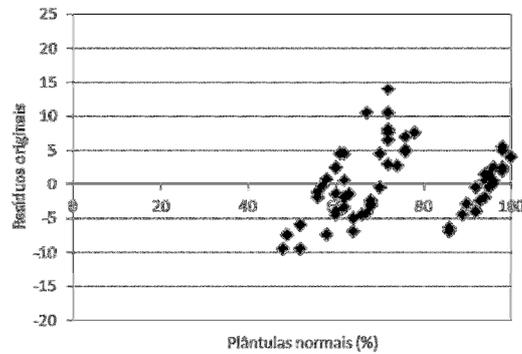
Originalis (independente)



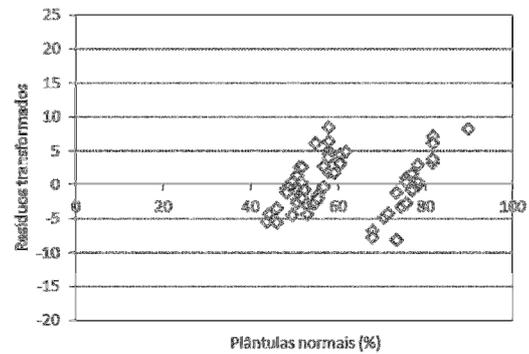
Transformados (inconclusivo)

*Dalbergia nigra*

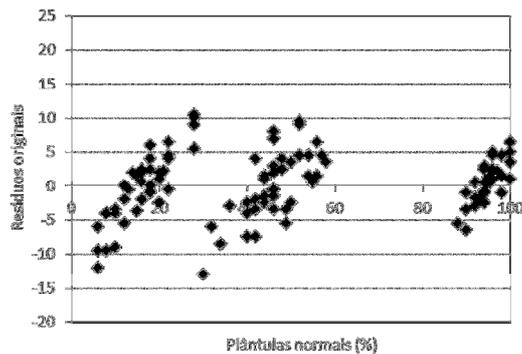
Originalis (dependente)



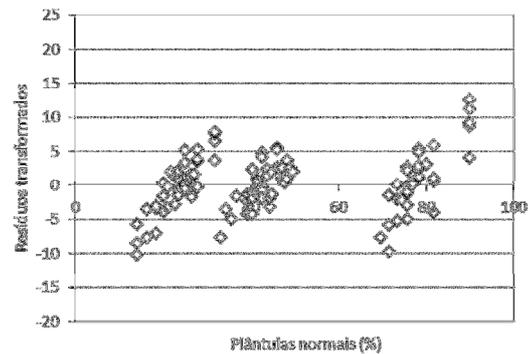
Transformados (dependente)

*Enterolobium contortisiliquum*

Originalis (dependente)

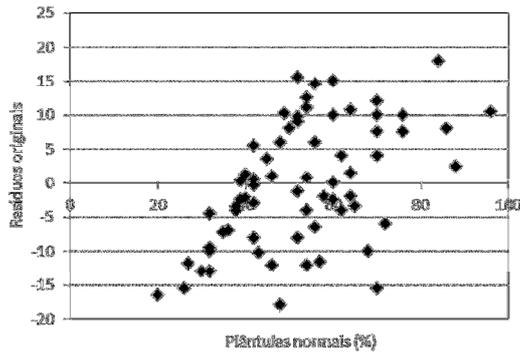


Transformados (dependente)

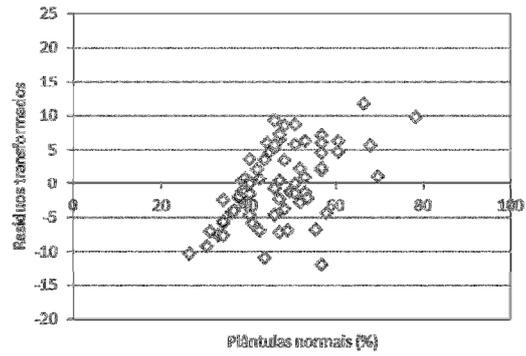


Enterolobium maximum

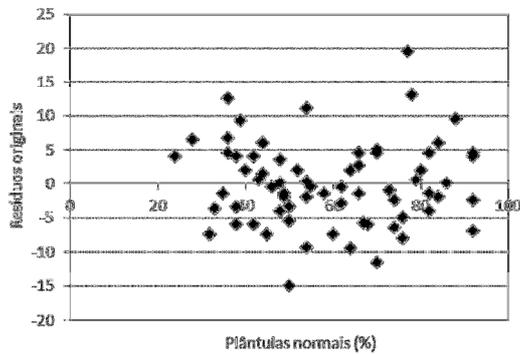
Originalis (dependente)



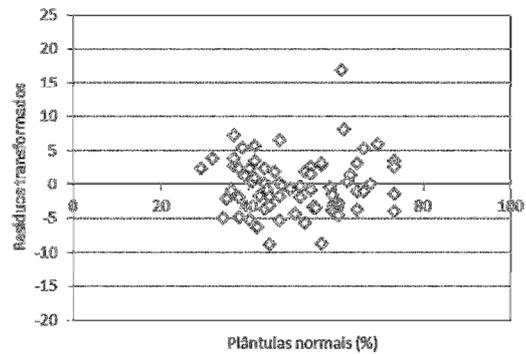
Transformados (dependente)

*Erythrina speciosa*

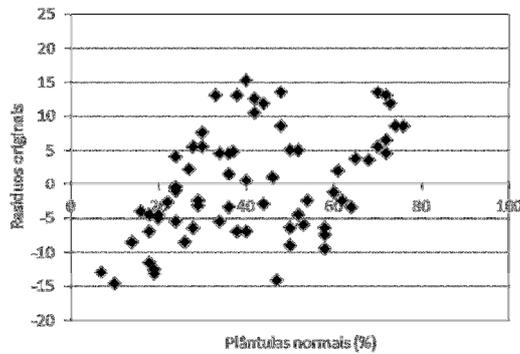
Originalis (independente)



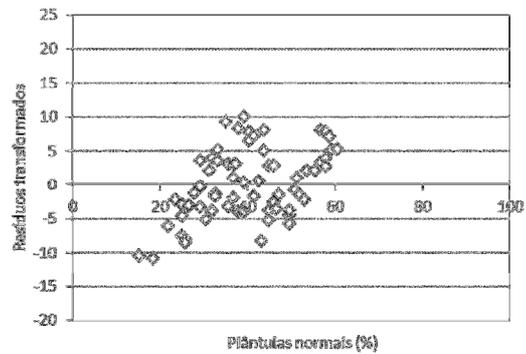
Transformados (independente)

*Galesia integrifolia*

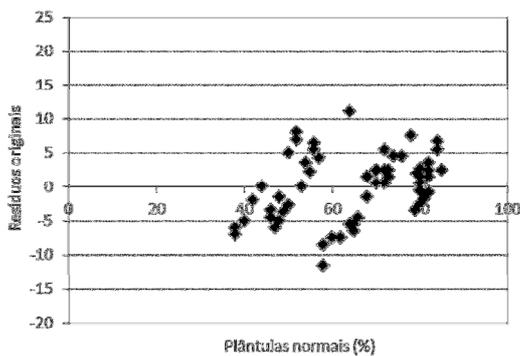
Originalis (dependente)



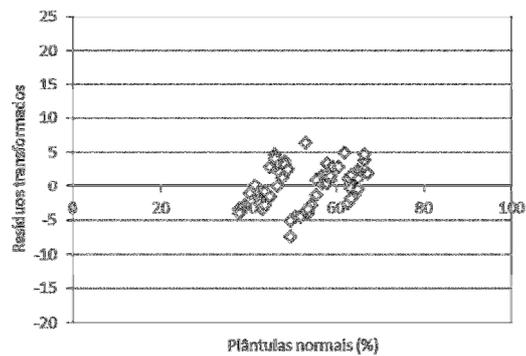
Transformados (dependente)

*Guazuma ulmifolia*

Originalis (independente)

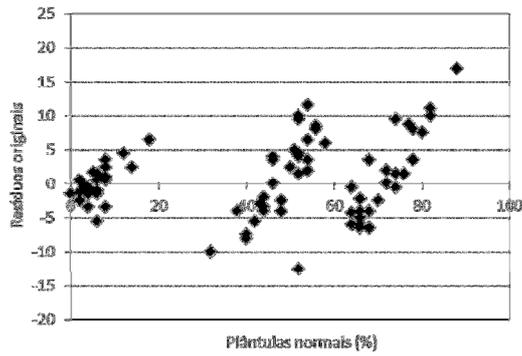


Transformados (independente)

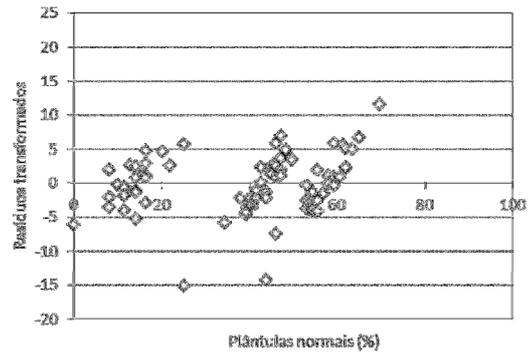


Handroanthus chrysotrichus

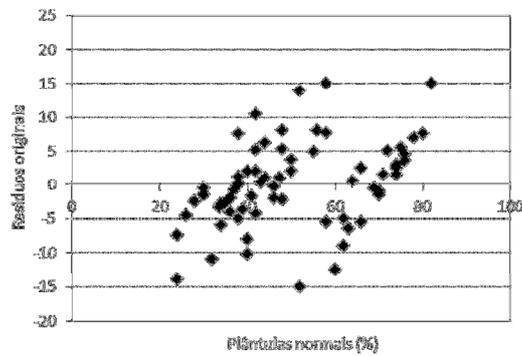
Originais (dependente positivo)



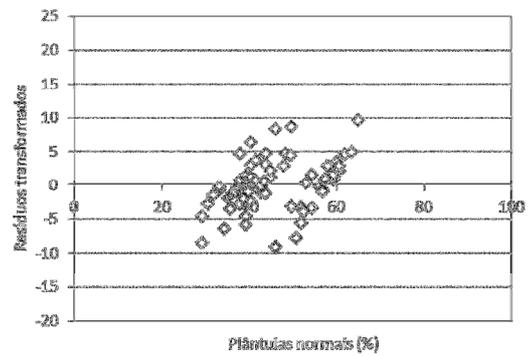
Transformados (dependente positivo)

*Handroanthus impetiginosus*

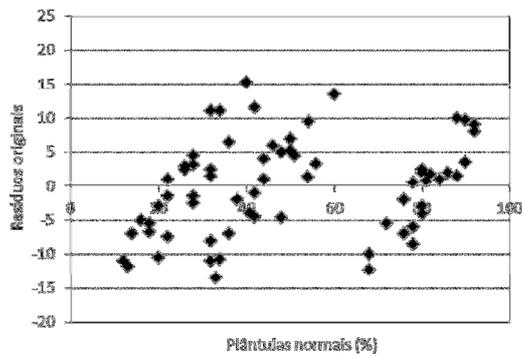
Originais (inconclusivo)



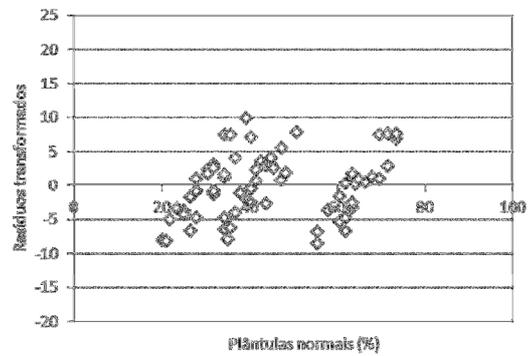
Transformados (dependente)

*Handroanthus roseo-albus*

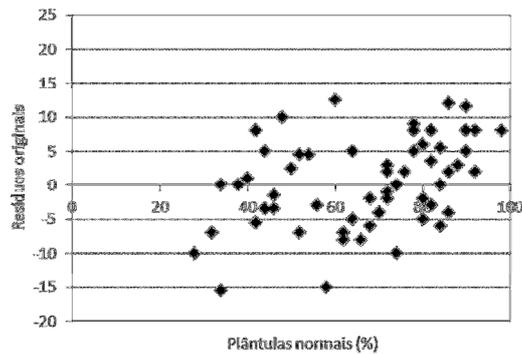
Originais (independente)



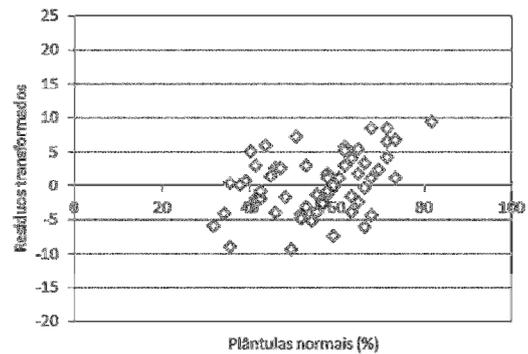
Transformados (dependente)

*Hymenaea courbaril*

Originais (independente)

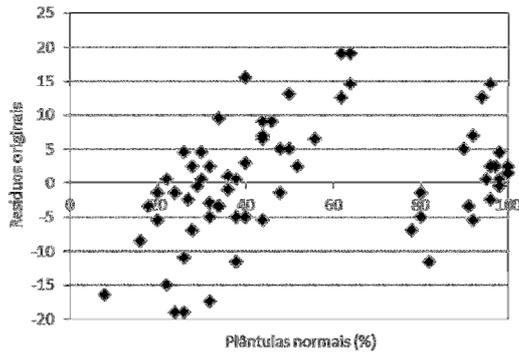


Transformados (independente)

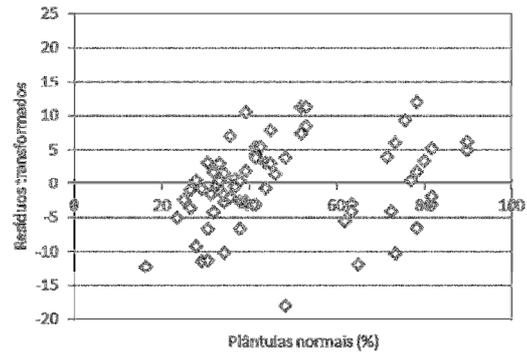


Hymenaea stigonocarpa

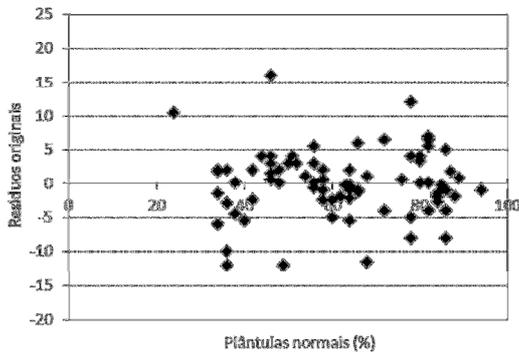
Originais (dependente)



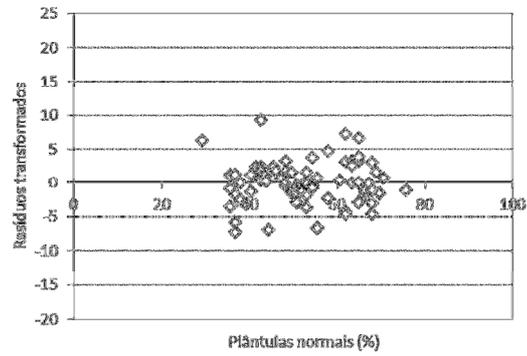
Transformados (dependente)

*Jacaranda cuspidifolia*

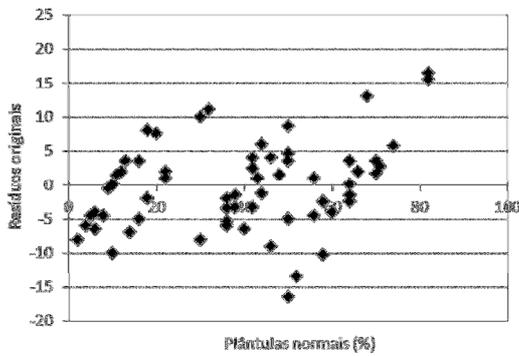
Originais (independente)



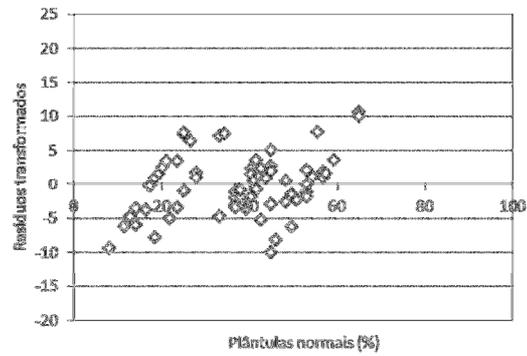
Transformados (independente)

*Jacaranda micranta*

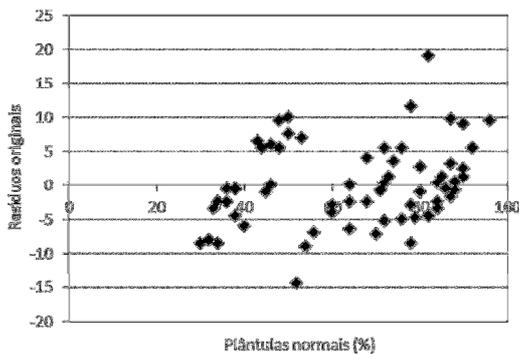
Originais (dependente)



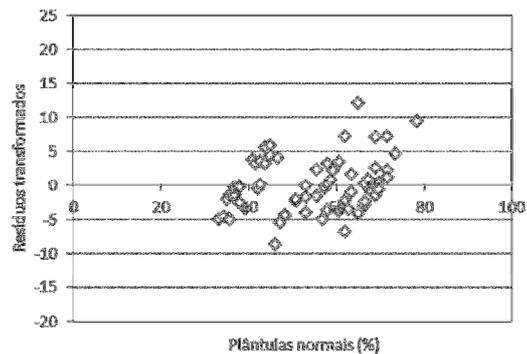
Transformados (dependente)

*Lafoensia pacari*

Originais (independente)

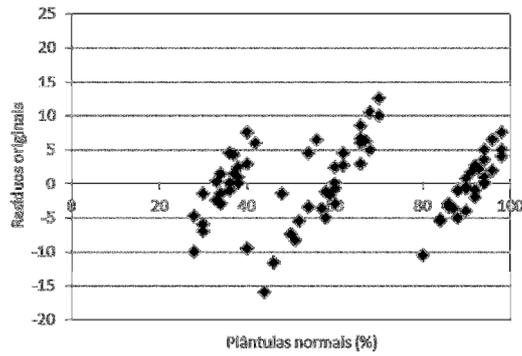


Transformados (independente)

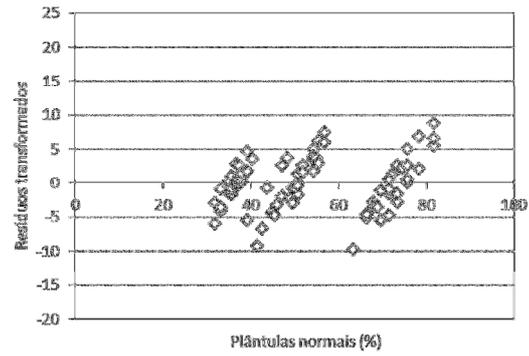


Mimosa caesalpiniaefolia

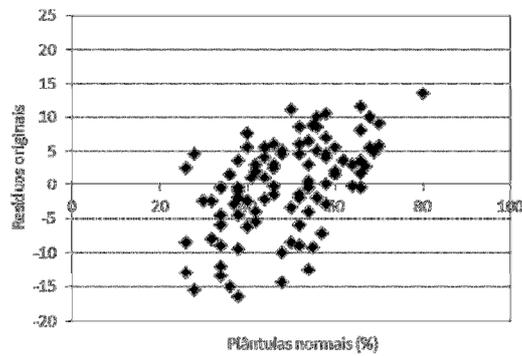
Originais (dependente)



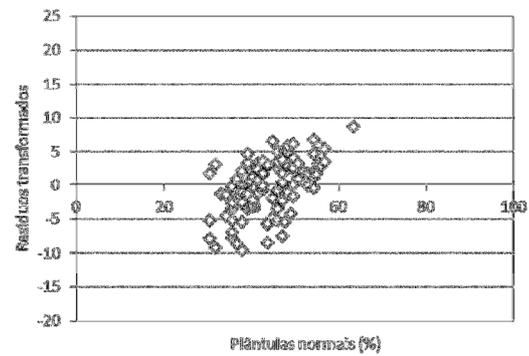
Transformados (dependente)

*Mimosa scabrella*

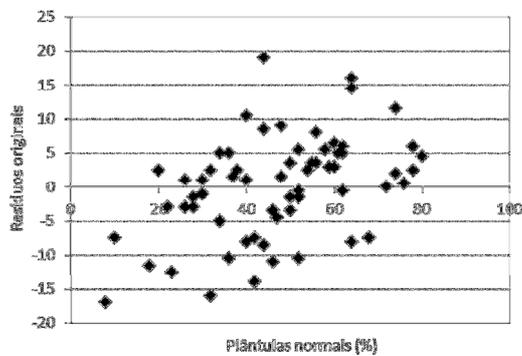
Originais (independente)



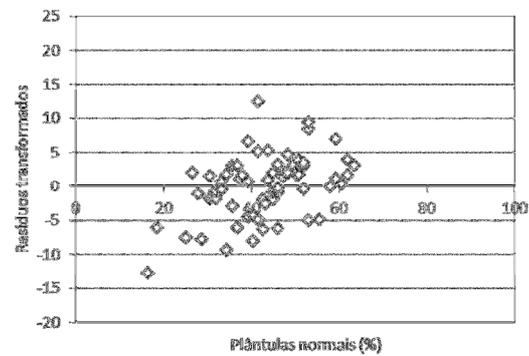
Transformados (independente)

*Ormosia arborea*

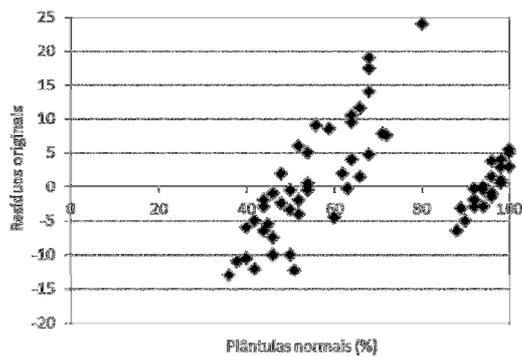
Originais (inconclusivo)



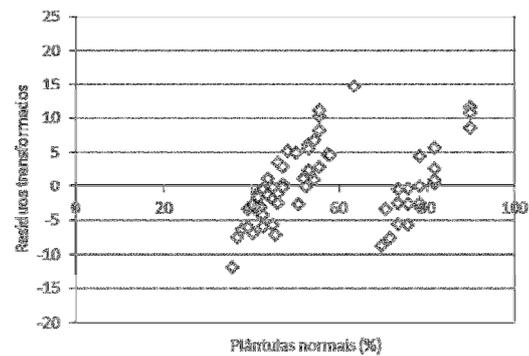
Transformados (dependente)

*Parapiptadenia rigida*

Originais (dependente)

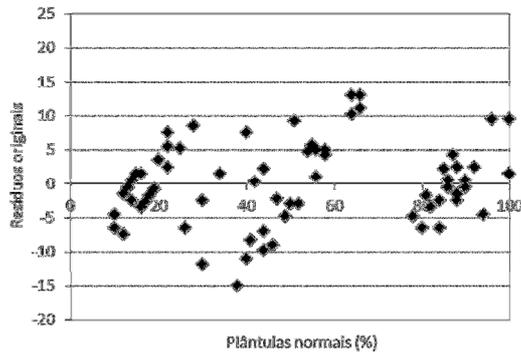


Transformados (dependente)

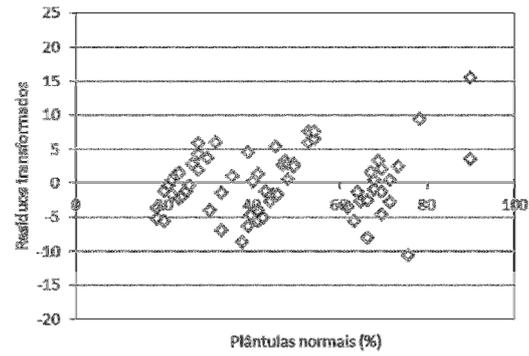


Parkia pendula

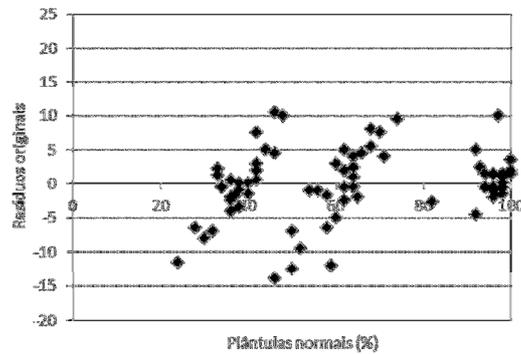
Originalis (dependente)



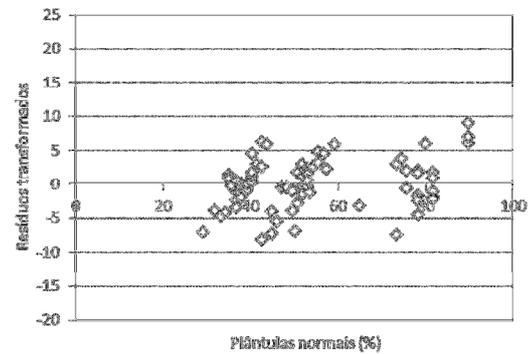
Transformados (dependente)

*Peltogyne confertiflora*

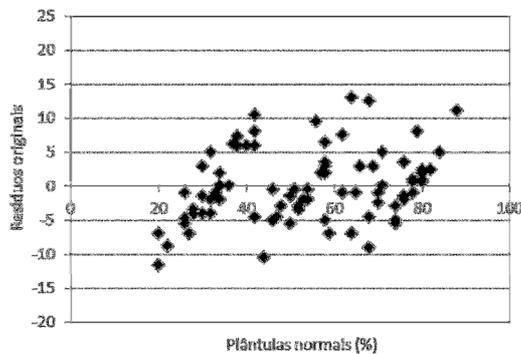
Originalis (dependente)



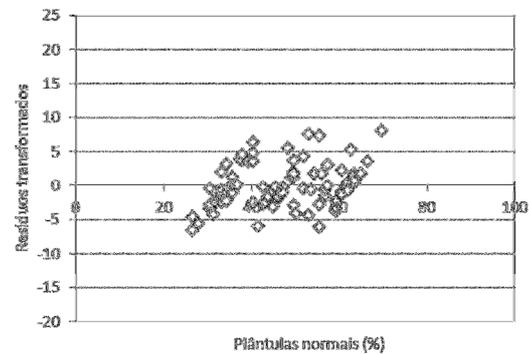
Transformados (dependente)

*Peltophorum dubium*

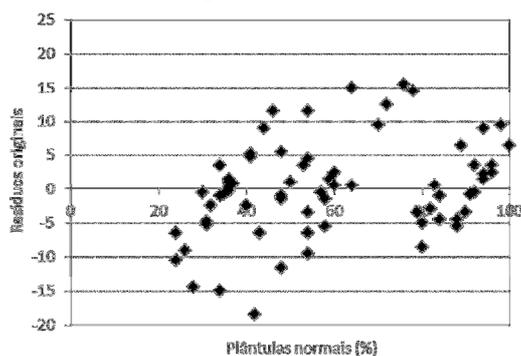
Originalis (dependente)



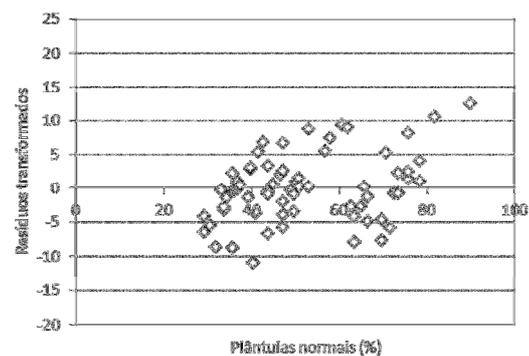
Transformados (dependente)

*Platymenia reticulata*

Originalis (dependente)

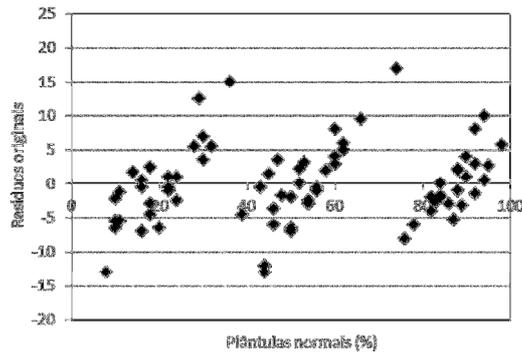


Transformados (dependente)

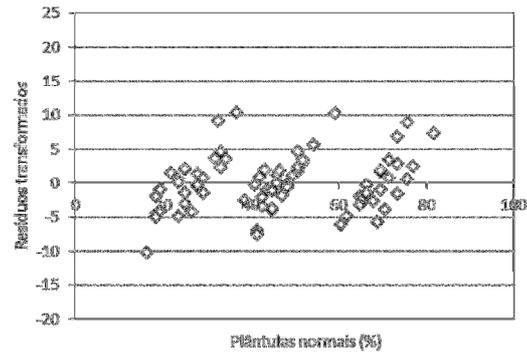


Pseudobombax tomentosum

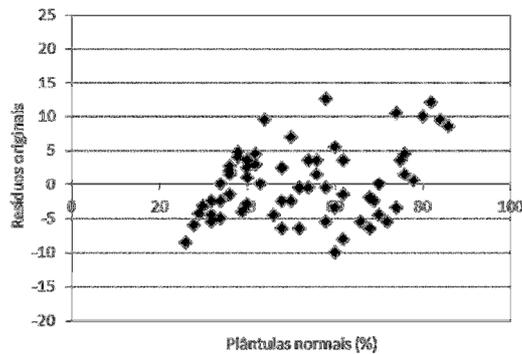
Originalis (dependente)



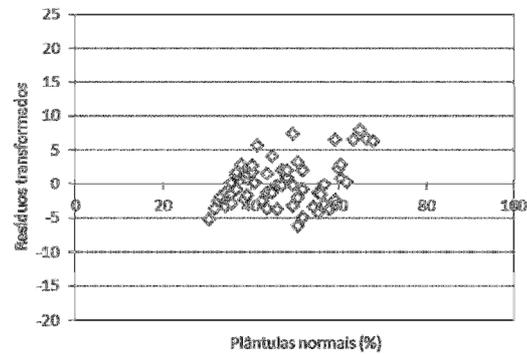
Transformados (dependente)

*Pterogyne nitens*

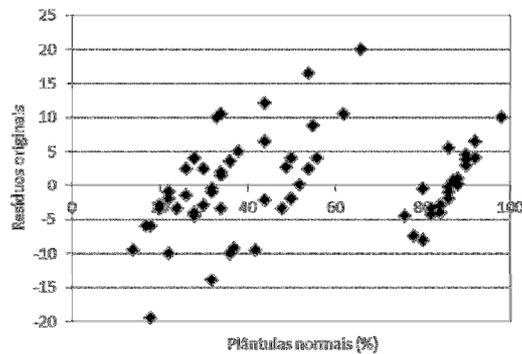
Originalis (dependente)



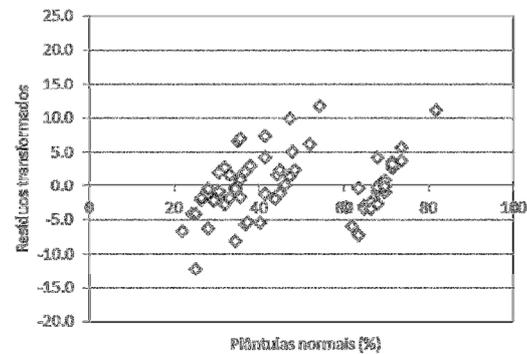
Transformados (dependente)

*Qualea grandiflora*

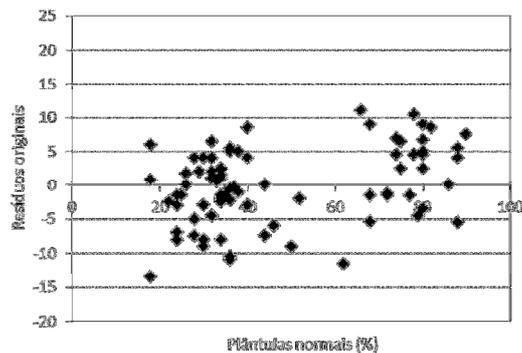
Originalis (dependente)



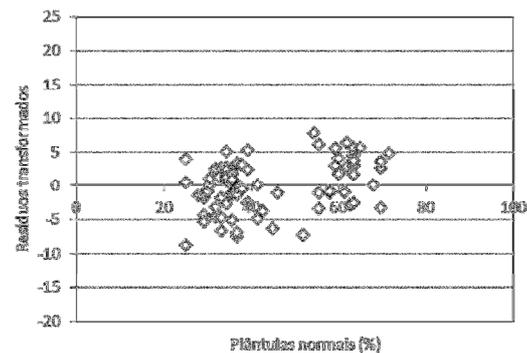
Transformados (dependente)

*Schinus terebinthifolius*

Originalis (independente)

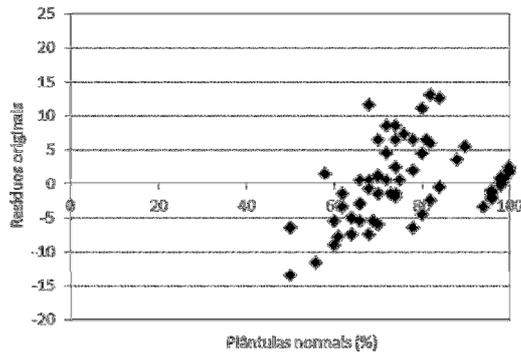


Transformados (independente)

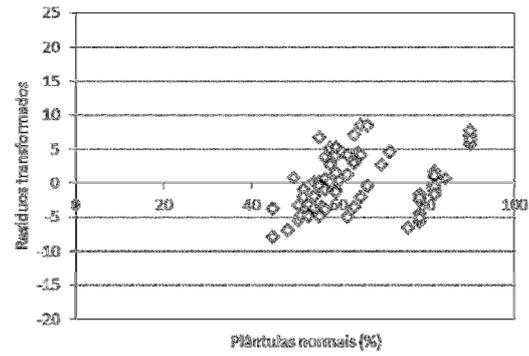


Schizolobium parahyba var. *amazonicum*

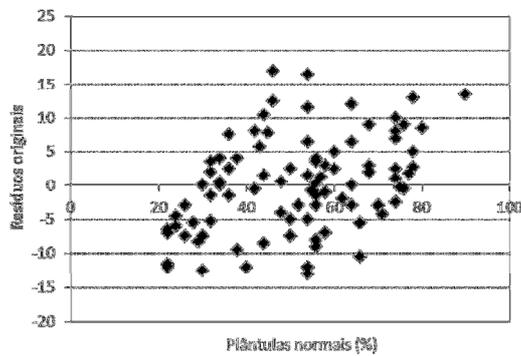
Originalis (dependente)



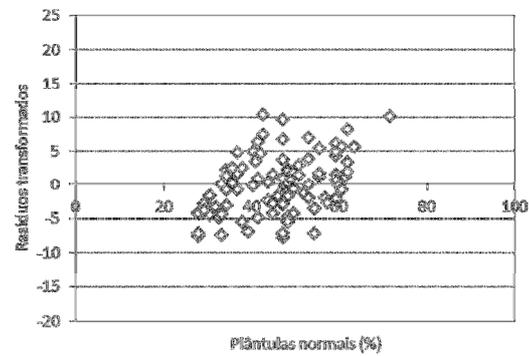
Transformados (dependente)

*Senna macranthera*

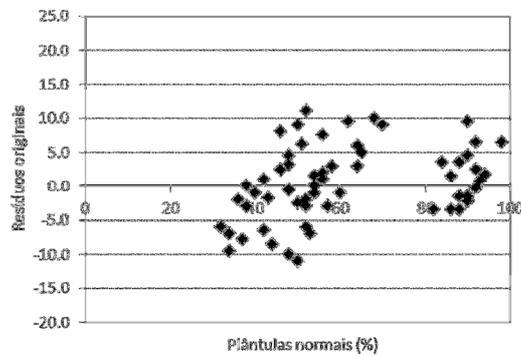
Originalis (dependente)



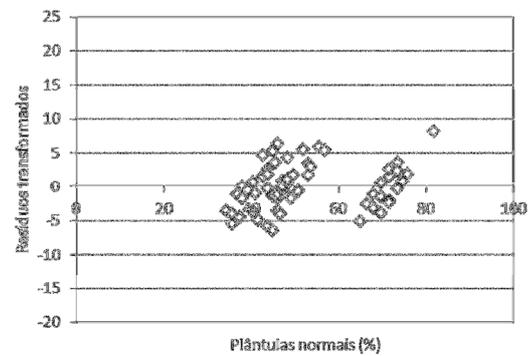
Transformados (dependente)

*Senna multijuga*

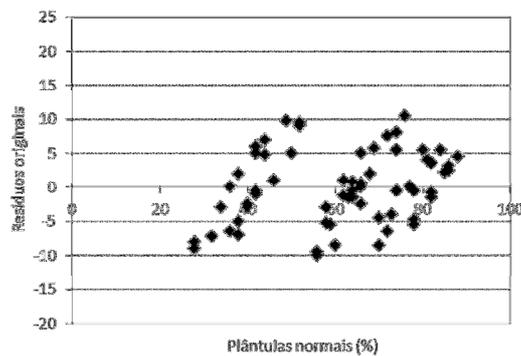
Originalis (independente)



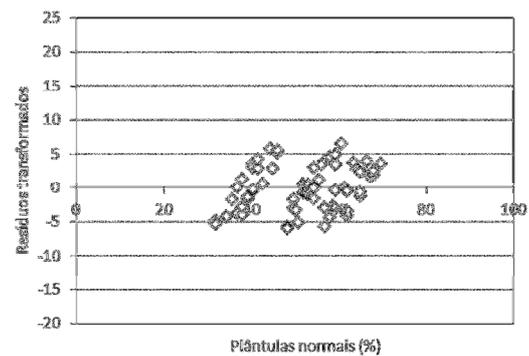
Transformados (independente)

*Stryphnodendron barbadetiman*

Originalis (dependente)

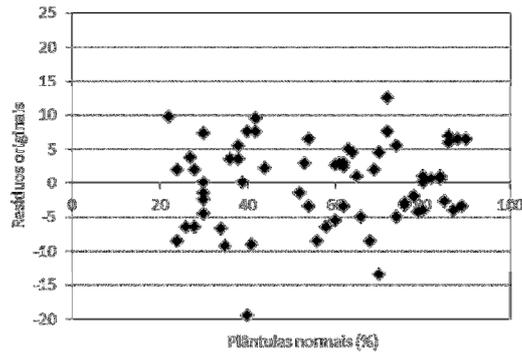


Transformados (dependente)

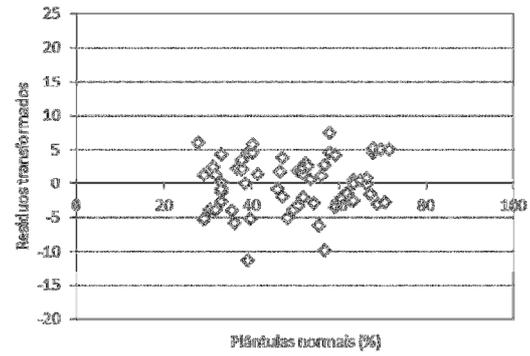


Stryphnodendron polyphyllum

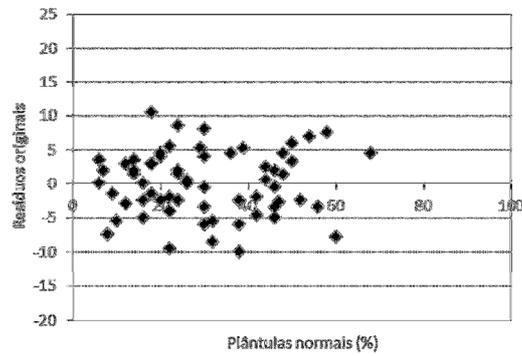
Originalis (independente)



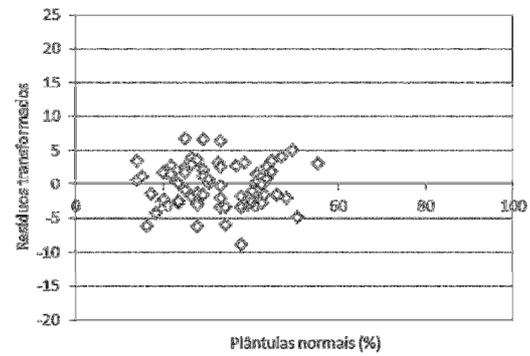
Transformados (independente)

*Tabebuia aurea*

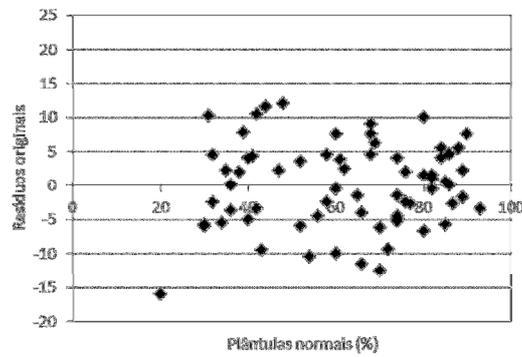
Originalis (independente)



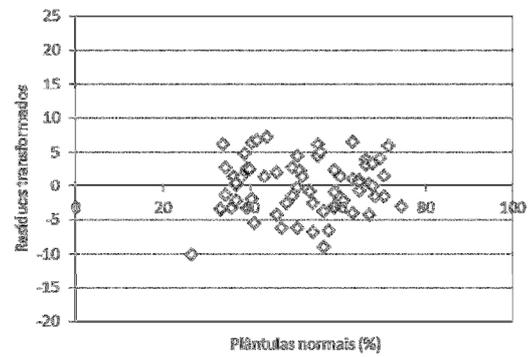
Transformados (independente)

*Zeyheria tuberculosa*

Originalis (independente)



Transformados (independente)



ANEXO F- Tabela da análise de variância das 50 espécies florestais validadas.

FV	<i>Acacia polyphylla*</i>			<i>Albizia hassleri</i>			<i>Anadenanthera colubrina</i>			<i>Anadenanthera macrocarpa*</i>		
	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor
Lab.	5	53,208	0,016	7	44,813	0,220	5	85,525	0,166	7	57,312	0,006
Lotes	2	5851,018	<0,001	2	9443,708	<0,001	2	14822,792	<0,001	2	6027,223	<0,001
Lab.*Lote	10	15,087	0,566	14	21,424	0,796	10	58,092	0,371	14	32,670	0,056
Erro	54	17,341		68	32,007		54	52,273		72	18,216	

FV	<i>Apuleia leiocarpa</i>			<i>Astronium fraxinifolium</i>			<i>Cariniana estrellensis</i>			<i>Cariniana legalis</i>		
	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor
Lab.	5	223,240	0,015	5	77,747	0,103	6	99,565	0,100	5	330,989	0,009
Lotes	2	4243,907	<0,001	2	13546,1	<0,001	2	7615,062	<0,001	2	12645,097	<0,001
Lab.*Lote	10	47,755	0,746	10	50,681	0,275	12	105,717	0,041	10	75,231	0,651
Erro	53	71,211		54	40,134		61	53,094		54	96,898	

FV	<i>Cassia leptophylla</i>			<i>Cedrela fissilis</i>			<i>Cedrela odorata</i>			<i>Ceiba speciosa</i>		
	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor
Lab.	5	115,258	0,152	6	182,429	0,012	8	73,120	0,051	6	233,190	0,014
Lotes	2	10282,293	<0,001	2	18430,440	<0,001	2	15212,565	<0,001	2	12905,821	<0,001
Lab.*Lote	10	94,349	0,212	12	98,190	0,109	16	39,148	0,372	12	53,988	0,763
Erro	53	68,060		63	60,595		81	35,688		63	79,262	

FV	<i>Citharexylum myrianthum</i>			<i>Copaifera langsdorffii</i>			<i>Cordia americana</i>			<i>Cybistax antisyphilitica*</i>		
	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor
Lab.	5	85,780	0,077	6	23,789	0,455	5	377,947	0,012	8	36,683	0,188
Lotes	2	7567,406	<0,001	2	7431,800	<0,001	2	7809,661	<0,001	2	21863,695	<0,001
Lab.*Lote	10	45,412	0,363	12	13,832	0,863	10	98,637	0,584	16	38,440	0,113
Erro	53	40,425		60	24,593		54	116,062		79	25,260	

FV	<i>Dalbergia miscolobium</i>			<i>Dalbergia nigra</i>			<i>Enterolobium contortisiliquum*</i>			<i>Enterolobium maximum</i>		
	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor
Lab.	5	298,570	0,011	5	39,422	0,329	10	32,672	0,126	5	296,481	0,024
Lotes	2	6347,566	< 0,001	2	8003,847	<0,001	2	32558,149	< 0,001	2	5408,931	< 0,001
Lab.*Lote	10	69,283	0,662	10	20,047	0,805	20	30,107	0,118	10	186,181	0,086
Erro	54	90,628		54	33,306		95	20,739		54	104,412	

FV	<i>Erytrina speciosa</i>			<i>Gallesia integrifolia</i>			<i>Guazuma ulmifolia</i>			<i>Handroanthus chrysotrichus</i>		
	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor
Lab.	5	151,777	0,020	5	222,681	0,025	5	58,746	0,051	7	64,022	0,053
Lotes	2	10035,232	< 0,001	2	8870,722	< 0,001	2	5655,290	< 0,001	2	33612,565	< 0,001
Lab.*Lote	10	142,964	0,008	10	31,256	0,944	10	14,610	0,810	14	30,608	0,450
Erro	51	50,930		54	79,523		49	24,541		68	30,159	

FV	<i>Handroanthus impetiginosus</i>			<i>Handroanthus roseo-albus</i>			<i>Hymenaea courbaril</i>			<i>Hymenaea stigonocarpa*</i>		
	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor
Lab.	5	97,755	0,101	5	136,521	0,064	5	127,116	0,014	5	100,876	0,052
Lotes	2	7170,771	< 0,001	2	19481,887	< 0,001	2	9650,608	< 0,001	2	12833,867	< 0,001
Lab.*Lote	10	41,839	0,597	10	19,180	0,974	10	49,827	0,280	10	59,709	0,205
Erro	54	50,103		53	61,098		49	39,626		51	42,491	

FV	<i>Jacaranda cuspidifolia</i>			<i>Jacaranda micrantha</i>			<i>Lafoensia pacari*</i>			<i>Mimosa caesalpiniaefolia*</i>		
	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor
Lab.	6	99,973	0,012	5	82,893	0,180	5	20,633	0,412	7	19,049	0,341
Lotes	2	11251,075	< 0,001	2	14770,554	< 0,001	2	4995,560	< 0,001	2	10635,189	< 0,001
Lab.*Lote	12	47,053	0,177	10	77,158	0,175	10	30,738	0,155	14	11,055	0,796
Erro	59	32,811		52	52,252		54	20,111		68	16,521	

FV	<i>Mimosa scabrella</i>			<i>Ormosia arborea</i>			<i>Parapiptadenia rigida</i>			<i>Parkia pendula</i>		
	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor
Lab.	9	94,321	0,103	5	176,933	0,032	5	40,622	0,747	5	191,792	0,020
Lotes	2	5265,448	< 0,001	2	7330,167	< 0,001	2	13933,931	< 0,001	2	29079,500	< 0,001
Lab.*Lote	18	62,586	0,344	10	198,700	0,005	10	46,897	0,790	10	105,917	0,121
Erro	85	55,674		54	66,593		54	75,565		53	64,773	

FV	<i>Peltogyne confertiflora*</i>			<i>Peltophorum dubium</i>			<i>Platymenia reticulata</i>			<i>Pseudobombax tomentosum</i>		
	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor
Lab.	6	21,607	0,243	7	84,201	0,018	5	197,014	0,014	6	113,028	0,014
Lotes	2	12613,653	< 0,001	2	14515,685	< 0,001	2	17253,181	< 0,001	2	32541,464	< 0,001
Lab.*Lote	12	15,450	0,481	14	73,511	0,012	10	43,197	0,725	12	75,159	0,045
Erro	62	15,835		70	32,039		54	62,227		63	38,540	

FV	<i>Pterogyne nitens</i>			<i>Qualea grandiflora*</i>			<i>Schinus terebinthifolius</i>			<i>Schizolobium parahyba var. amazonicum</i>		
	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor
Lab.	5	87,413	0,029	5	74,667	0,019	6	36,245	0,511	6	44,396	0,310
Lotes	2	7532,157	< 0,001	2	8791,274	< 0,001	2	18535,107	< 0,001	2	6641,005	< 0,001
Lab.*Lote	10	63,359	0,054	10	30,725	0,297	12	38,250	0,520	12	77,340	0,029
Erro	53	31,970		54	25,079		60	40,940		60	36,469	

FV	<i>Senna macranthera</i>			<i>Senna multijuga</i>			<i>Stryphnodendron barbadetiman</i>			<i>Stryphnodendron polyphyllum</i>		
	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor	gl	QM	p-valor
Lab.	7	180,903	0,011	5	85,953	0,043	5	52,658	0,204	5	82,964	0,145
Lotes	2	10898,292	< 0,001	2	11696,995	< 0,001	2	9170,667	< 0,001	2	14176,043	< 0,001
Lab.*Lote	14	41,149	0,810	10	15,357	0,916	10	36,100	0,430	10	15,895	0,969
Erro	72	62,920		50	34,423		54	35,005		53	48,060	

FV	<i>Tabebuia aurea</i>			<i>Zeyheria tuberculosa</i>		
	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>p-valor</i>	<i>gl</i>	<i>QM</i>	<i>p-valor</i>
Lab.	5	46,441	0,174	5	74,160	0,211
Lotes	2	5797,136	< 0,001	2	11947,984	< 0,001
Lab.*Lote	10	42,618	0,175	10	44,701	0,544
Erro	51	28,812		53	49,972	

*Espécies validadas com transformação angular dos dados.