

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
NÍVEL MESTRADO**

**VANESSA LEONARDO IGNÁCIO**

**MODELOS ALOMÉTRICOS PARA ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE FRUTOS  
EM *Jatropha curcas* L.**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
AGOSTO/2009**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
NÍVEL MESTRADO**

**VANESSA LEONARDO IGNÁCIO**

**MODELOS ALOMÉTRICOS PARA ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE FRUTOS  
EM *Jatropha curcas* L.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Marlene de Matos Malavasi  
Co-orientador: Ubirajara Contro Malavasi

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
AGOSTO/2009**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca da UNIOESTE – Campus de Marechal Cândido Rondon – PR.,  
Brasil)

I24m	<p>Ignácio, Vanessa Leonardo</p> <p>Modelos alométricos para estimativa da produção de frutos em <i>Jatropha curcas</i> L. / Vanessa Leonardo Ignácio. - Marechal Cândido Rondon, 2009</p> <p>50 p.</p> <p>Orientadora: Prof. Dr. Marlene de Matos Malavasi Co-orientador: Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi</p> <p>Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2009</p> <p>1. Pinhão manso - Padrões alométricos. 2. Modelos de regressão. 3. <i>Jatropha curcas</i> L. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.</p> <p>CDD 21.ed. 634.9285 CIP-NBR 12899</p>
------	---

Ficha catalográfica elaborada por Marcia Elisa Sbaraini Leitzke CRB-9/539

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
NÍVEL MESTRADO**

**VANESSA LEONARDO IGNÁCIO**

**MODELOS ALOMÉTRICOS PARA ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DE FRUTOS  
EM *Jatropha curcas* L.**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Marechal Cândido Rondon, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

---

---

Ao meu filho André Luís Leonardo Ignácio, ao meu marido Edward Ignácio Júnior, aos meus pais Helio Leonardo Filho e Jussara da Cunha Leonardo, e meu querido irmão Helio Leonardo Neto, com todo meu amor e dedicação.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, meu maior inspirador e auxiliador, e por tudo o que tem feito na minha vida.

À Prof. Dra. Marlene de Matos Malavasi, pela confiança, pelo estímulo e orientação em todo o período.

Ao Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi, pela dedicação, e principalmente por toda orientação em todas as fases de execução, desde a preparação até a finalização.

À minha amiga e companheira de mestrado Noelle Farias de Aquino, por toda ajuda na coleta dos dados, realização deste trabalho, e pelo companheirismo e amizade em todas as horas.

À companheira de mestrado Michelle Ajala, por toda ajuda dispensada.

Ao Sr. Luis Vicentini, proprietário de Fazenda Laguna, pela confiança e autorização para a utilização da área para a coleta de todos os dados.

Ao Deivid Santinon Simões, da empresa Rural Biodiesel por toda ajuda oferecida.

Ao Waldemar Antonio Jesus de Oliveira, pelo fornecimento de todos os dados referentes à lavoura estudada e ao Moacir e sua família, pela enorme ajuda na coleta de todos os dados deste trabalho, ambos funcionários da Fazenda Laguna.

À Sra. Marcia Leitzke, funcionária da Unioeste, pelo auxílio na colocação desta dissertação nas normas obrigatórias.

Ao Prof. Dr. Élcio, pelo empréstimo da régua altimétrica.

Ao meu querido filho André e meu esposo Edward, pela paciência, amor e compreensão nas horas mais difíceis.

Aos meus pais por todo amor e principal incentivo para nunca desistir.

A todos da minha família pelo apoio e todas as orações.

A todos os professores do Mestrado em Agronomia da Unioeste, por todos os ensinamentos e auxílio.

A todos os funcionários da pós-graduação – mestrado em Agronomia, da Unioeste.

Aos meus colegas de mestrado.

À Unioeste pela oportunidade de realização deste trabalho.

A todos que acreditaram na minha capacidade, muito obrigada.

***«Bendito o homem que confia no Senhor, cuja confiança é o Senhor. Porque será como a árvore plantada junto às águas, que estende as suas raízes para o ribeiro, e não receia quando vem o calor, mas a sua folha fica verde ; e no ano de sequidão não se afadiga, nem deixa de dar fruto.»***

***Jeremias 17, 7 e 8***

## RESUMO

Objetivou-se correlacionar variáveis de fácil mensuração e determinar diferentes equações de regressão para a obtenção de padrões alométricos na cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). Para isso, comparou-se dois diferentes espaçamentos (3 x 2 m e 5 x 2 m) na obtenção dos dados que melhor representam a cultura. A coleta dos dados se deu no município de Eldorado-MS. As variáveis correlacionadas foram: altura total da planta (ALT), número de galhos primários (NG), diâmetro médio do galho primário (DG), número total de folhas por planta (NFL), área foliar (AFL), o número de frutos total (NF) e massa fresca dos frutos (MF). Comparando-se as médias dos espaçamentos as variáveis altura e número de galhos primários não apresentam diferença significativa, enquanto todas as outras apresentaram. Para o espaçamento 5 x 2 m as correlações foram maiores comparando-se com o espaçamento 3 x 2 m. Para a variável número de frutos em função do número de folhas e altura de planta os modelos que se destacaram foram:  $NF_{total} = -599,046 + 0,4549NFL + 0,00025NFL^2 + 300,032ALT - 0,3185NFL*ALT$ , para o tratamento 1 e  $NF_{total} = -201,106 - 0,3691NFL + 0,000179NFL^2 + 170,389ALT$ , para o tratamento 2. Para as outras variáveis, a correlação que mais se destacou foi a entre área foliar e número de folhas, das quais destacou-se os modelos logarítmicos de equações.

**Palavras-Chave:** *Jatropha curcas* L., relações alométricas, correlação, modelos de regressão.

## ABSTRACT

### **Allometric models to estimate the production of fruit *Jatropha curcas* L.**

The objective was to correlate easy measurement variables and determine various regression equations to achieve allometric patterns in culture of pinion manso (*Jatropha curcas* L.). Thus, two different spacings (3 x 2 m 5 x 2 m) were compared to obtain the data that best represent the culture. Data collection occurred in the municipality of Eldorado-MS. The correlated variables were: total height of the plant (ALT), number of primary branches (NG), average diameter of primary branch (DG), total number of leaves per plant (NFL), leaf area (LPA), total number of fruits (NF) and fresh mass of fruit (MF). Comparing the average of spacing, the variables height and number of primary branches did not show significant difference, while all others did. For the spacing 5 x 2 m, the correlations were higher compared with the spacing 3 x 2 m. For variable number of fruits in function of the number of leaves and plant height the models that stood out were:  $NF_{total} = -599.046 + 0.4549 + 0.00025 NFL^2 NFL ALT + 300.032 - 0.3185 * NFL ALT$  for treatment 1 and  $NF_{total} = -201.106 - 0.3691 + 0.000179 NFL NFL^2 + 170.389 ALT$  for treatment 2. For other variables, the correlation that most stood out was between leaf area and number of leaves which the models stood out from logarithmic equations.

**Key-Words:** *Jatropha curcas* L., allometric relations, correlation, regression models.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista da lavoura de Pinhão Manso, no Município de Eldorado/MS, onde foi realizada a coleta de dados. A imagem mostra as entrelinhas onde foi realizado o consórcio com outras culturas. ....	20
Figura 2. Vista da lavoura de Pinhão Manso, no Município de Eldorado/MS, onde realizou-se a coleta dos dados.....	21
Figura 3. Determinação da altura da planta, utilizando-se uma régua altimétrica. Eldorado,MS - 2008.....	24
Figura 4. Mensuração do diâmetro do galho primário, utilizando-se um paquímetro digital. Eldorado, MS – 2008. ....	25
Figura 5. Frutos em diferentes estágios de desenvolvimento, na mesma planta. Eldorado, MS – 2008.....	26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo, da Fazenda Laguna, município de Eldorado/MS.....	19
Tabela 2. Determinação dos tratamentos com relação aos espaçamentos. ....	21
Tabela 3. Comparação das médias de altura total da planta (ALT), número de galhos primários (NG), diâmetro médio do galho primário (DG), número total de folhas por planta (NFL), área foliar (AFL), o número de frutos total(NF) e massa fresca dos frutos (MF), em plantas de pinhão-manso ( <i>Jatropha curcas</i> L.), para o espaçamento de 3 x 2 m e o espaçamento de 5 x 2 m. ....	28
Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson das variáveis número de folhas (NFL), altura total de planta (ALT) e área foliar (AFL) em relação ao número de frutos totais da planta (NF), para o espaçamento de 3 x 2 m e o espaçamento de 5 x 2 m. ....	30
Tabela 5. Modelos de equações testados para a variável dependente número de frutos total e as variáveis independentes número de folhas, e altura de planta, para o espaçamento 3 x 2 m. ....	31
Tabela 6. Modelos de equações testados para a variável dependente número de frutos total e as variáveis independentes número de folhas, e altura de planta, para o espaçamento 5 x 2 m. ....	32
Tabela 7. Coeficientes de correlação de Pearson das variáveis altura total de planta (ALT), área foliar (AFL), número de folhas (NFL), diâmetro médio dos galhos primários (DG), número de galhos primários (NG), número de fruto (NF) e massa fresca dos frutos (MF), todos correlacionados entre si, para o espaçamento de 3 x 2 m. ....	34
Tabela 8. Coeficientes de correlação de Pearson das variáveis altura total de planta (ALT), área foliar (AFL), número de folhas (NFL), diâmetro médio dos galhos primários (DG), número de galhos primários (NG), número de fruto (NF) e massa fresca dos frutos (MF), todos correlacionados entre si, para o espaçamento de 5 x 2 m. ....	34

Tabela 9. Modelos de equações testados para as variáveis número de folhas (NFL) em função da altura de planta (ALT), para o espaçamento 3 x 2 m e para o espaçamento 5 x 2 m. ....	35
Tabela 10. Modelos de equações testados para as variáveis altura de planta (ALT) em função do número de folhas (NFL), para o espaçamento 3 x 2 m e para o espaçamento 5 x 2 m. ....	36
Tabela 11. Modelos de equações testados para as variáveis número de folhas (NFL) em função da área foliar (AFL), para o espaçamento 3 x 2 m e para o espaçamento 5 x 2 m. ....	37
Tabela 12. Modelos de equações testados para as variáveis área foliar (AFL) em função do número de folhas (NFL), para o espaçamento 3 x 2 m e para o espaçamento 5 x 2 m. ....	39
Tabela 13. Modelos de equações testados para as variáveis altura de planta (ALT) em função da área foliar (AFL), para o espaçamento 3 x 2 m e para o espaçamento 5 x 2 m. ....	41
Tabela 14. Modelos de equações testados para as variáveis área foliar (AFL) em função da altura de planta (ALT), para o espaçamento 3 x 2 m e para o espaçamento 5 x 2 m. ....	42
Tabela 15. Modelos de equações testados para as variáveis diâmetro do galho primário (DG) em função do número de galhos primários (NG), para o espaçamento 3 x 2 m e para espaçamento 5 x 2 m. ....	43
Tabela 16. Modelos de equações testados para as variáveis área foliar (AFL) em função da altura da planta (ALT) e o número de folhas (NFL), para o espaçamento 3 x 2 m e para o espaçamento 5 x 2 m. ....	44

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
2.1 Caracterização da Espécie.....	13
2.2 Aspectos Econômicos .....	14
2.3 Alometria .....	15
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>19</b>
4.1 Histórico e Caracterização do Local.....	19
4.2 Caracterização do Solo .....	19
4.3 Caracterização do Local de Coleta .....	20
4.4 Delineamento Estatístico.....	22
4.5 Coleta de Amostras .....	22
4.6 Análise dos Dados Obtidos .....	26
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>28</b>
5.1 Análise dos Dados .....	28
<b>6 CONCLUSÕES</b> .....	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente os estudos com relação a espécies ricas em óleo estão cada vez mais crescentes devido à grande procura por alternativas para a produção de biodiesel.

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é uma planta conhecida e cultivada no continente americano, desde a época pré-colombiana, estando disseminada em todas as regiões tropicais e até em algumas áreas temperadas. Ela ainda se encontra em processo de domesticação e somente nos últimos 30 anos começou a ser estudada agronomicamente, mas ainda demonstra falta de dados, deixando um grande leque de informações a serem pesquisados (TANURE et al., 2007).

Constatou-se haver um pequeno número de artigos científicos disponíveis sobre as características desta planta, visto que ela possui potencial para a produção de biodiesel.

As características desta espécie que despertam atenção das agências de desenvolvimento são: rusticidade, adaptabilidade a ambientes semi-áridos, produção de óleo, e utilidade no controle à erosão. Porém, a espécie ainda se encontra em fase de domesticação e a tecnologia de produção é pouco desenvolvida (SEVERINO et al., 2006).

Vega et al. (2004) propõem um número variado de equações baseadas em medidas diretas como altura, diâmetro, comprimento e número de estruturas vegetais que possam estimar, com precisão, a massa ou o desenvolvimento da planta como um todo. A base do método é o estabelecimento de parâmetros que indiquem ou expressem, em forma alométrica, o estado atual de uma planta.

Este trabalho objetiva determinar diferentes equações para a obtenção de padrões alométricos, os quais poderão ser utilizados para a determinação da produção em escala comercial. Em adição, estas equações estimarão a produtividade (número de frutos) da cultura do pinhão manso, analisando variáveis mensuráveis, como altura da planta, número de folhas, área foliar.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Caracterização da Espécie

A *Jatropha curcas* L., popularmente conhecida como pinhão manso, pertence à família *Euphorbiaceae* e é originária da América tropical, mas está distribuída em regiões tropicais de todo o globo. A espécie é um arbusto grande, de aspecto suculento, e pode atingir 3 a 5 metros de altura (LORENZI, 2003; GOIS et al., 2006).

Segundo Abreu et al. (2006), a *J. curcas* é tolerante ao déficit hídrico, pouco exigente em nutrientes e apresenta capacidade de recuperação de áreas degradadas em função de suas raízes profundas.

Arruda et al. (2004) afirmaram que a *Jatropha* está sendo considerada uma opção para a região semi-árida nordestina, por ser exigente em insolação e possuir resistência à seca. Por estas características a espécie é também uma boa opção para a região de cerrado.

Segundo Gois et al. (2006), a espécie pode ser cultivada como cerca viva, mas seu maior emprego está na medicina popular. Os outros produtos obtidos são: óleo, torta e o sedimento da purificação do óleo. Este óleo é empregado como lubrificante em motores a diesel e na fabricação de sabão e tinta. Abreu et al. (2006) descrevem o óleo produzido como inodoro, e não emitente de fumaça, apresentando portanto excelentes perspectivas para a produção de biodiesel.

Abigor et al. (2002) salientaram a alta produção de sementes, as quais fornecem 200 a 500 kg de óleo por hectare devido possuírem de 50 a 60% de óleo na sua composição. Em contraste, Arruda et al. (2004) reportaram que a produção de óleo é no mínimo de duas toneladas por hectare, levando de 3 a 4 anos para atingir a idade produtiva, que pode se estender por 40 anos.

De acordo com Openshaw (2000) o número ideal de plantas por hectare deve estar entre 1100 e 3300, com um espaçamento de 2-3m entre linhas por 1,5-3m entre plantas. Este espaçamento é relatado para obter maiores rendimentos de frutos, nos primeiros anos de produção.

## 2.2 Aspectos Econômicos

A *J. curcas* é cultivada em locais mais secos das regiões central e ocidental da Índia. Recentemente, ela também foi introduzida nos estados do norte e do sul para melhorar a subsistência dos pequenos produtores rurais (GINWAL et al., 2005).

Para Arruda et al. (2004), esta é uma cultura que pode se desenvolver nas pequenas propriedades, com a mão-de-obra familiar disponível, como acontece com a cultura da mamona, na Bahia, sendo mais uma fonte de renda para as propriedades rurais da Região Nordeste. Podendo ser cultivado, ainda, em consórcio com outras culturas de importância econômica como o amendoim, algodão entre outras, tem grande importância para o melhor aproveitamento agrícola da região semi-árida, sendo uma opção para a economia dessa região. O aumento das áreas de plantio pode auxiliar na fixação de mão-de-obra na zona rural pela geração de emprego e fornecer matéria prima para a indústria.

Suerdick (2006) é uma opção para fortalecer e integrar a agricultura familiar à cadeia produtiva de biodiesel.

Na Índia, segundo Ginwal et al. (2005), a *Jatropha curcas* tem sido muito promissora na produção de biodiesel, por produzir um óleo de alta qualidade e atingir a fase produtiva em um curto período de tempo. Modi et al. (2007) relatam que o biodiesel é uma alternativa de combustível tecnicamente e ambientalmente aceitável e economicamente competitiva.

De acordo com Suerdick (2006), o biodiesel é um combustível renovável e biodegradável substituto do óleo diesel petrolífero. E segundo o mesmo autor, a Lei 11.097, de treze de janeiro de 2005, instituiu juridicamente o início de implementação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), introduzindo o biodiesel na Matriz Energética Brasileira ao estabelecer a obrigatoriedade da adição de 2% desse biocombustível ao óleo diesel de origem fóssil no país a partir de 2008 (mistura também conhecida como B2). Com isto necessita-se o desenvolvimento de culturas com alta produção de óleo, como é o caso do pinhão manso.

### 2.3 Alometria

Para se obter uma maior e melhor produção de uma cultura é necessário o conhecimento das características desta cultura. No caso do pinhão manso, por ser um arbusto, necessita-se conhecer os dados característicos da planta, para uma possível previsão da produção. Uma forma de se obter estes dados é realizando-se o estudo de suas relações alométricas.

Uma relação é dita alométrica quando uma característica física ou fisiológica sofre variação com o tamanho do organismo, apresentando assim grande importância nos estudos de comparação e da história de vida das espécies. A alometria de árvores ou, mais especificamente, suas relações entre tamanho e forma apresentam um relevante efeito estrutural e funcional na floresta. O tamanho, formato e posição de copa de uma árvore relacionam-se com a quantidade de luz interceptada, enquanto as dimensões do tronco correspondem à sua resistência mecânica frente às forças como o vento e a massa da própria copa (FONTES, 1999).

Vega et al. (2004) em trabalho com pupunheira, verificaram que as relações alométricas têm aplicação teórica e prática para identificar respostas aos estudos de fisiologia do crescimento e prever a produção.

As estimativas de biomassa de um ecossistema podem ser obtidas por métodos diretos (destrutivos) ou indiretos (não-destrutivos) (ALEIXO, 2006).

Em plantas perenes utiliza-se o método indireto, ou não-destrutivo, devido às dificuldades logísticas para obtenção de dados. Este método consiste na aplicação de análise dimensional, também conhecida como alometria. A base do método é o estabelecimento de parâmetros que indiquem ou expressem, em forma alométrica, o estado atual de uma planta. Para isso, propõem-se um número variado de equações baseadas em medidas diretas como altura, diâmetro, comprimento e número de estruturas (perifoneios, ramificações, entre outros) que possam estimar, com suficiente precisão, a massa ou o desenvolvimento da planta como um todo. Não obstante, deve ser ressaltado que para o estabelecimento dessas relações alométricas há necessidade de serem efetuadas análises destrutivas. No entanto, essas são feitas em amostragem (VEGA et al., 2004).

As relações alométricas permitem estimar os distintos componentes da árvore, mediante equações onde as variáveis observadas são de fácil medição e o número de indivíduos amostrados são limitados (ALEIXO, 2006).

Deliti et al. (2006) analisaram e estabeleceram relações entre a biomassa das partes das espécies de cerrado e o diâmetro e altura da planta, as quais foram representadas por equações. Isto permitiu a rápida e não destrutiva estimativa da biomassa de muitas espécies. Estas equações podem ser utilizadas por outros estudiosos, com espécies de cerrado.

De acordo com Niklas (2004), a equação a ser utilizada para determinação dos padrões alométricos se aproxima da seguinte:  $Y = b X^a$ , onde  $Y$  representa a dimensão de parte da planta (comprimento ou massa),  $X$  é a proporção entre o tamanho do organismo menos o tamanho da parte de interesse do organismo,  $b$  é a constante alométrica e  $a$  é o expoente alométrico. Esta fórmula pode ser expressa logaritmicamente por  $\log Y = \log b + a \log X$ .

De acordo com Floriano *et al.* (2006) pode-se dizer que, mesmo com diferentes formas de cálculo e diferentes critérios particulares, todas as formas de seleção de modelos usam, entre outros, um dos dois critérios gerais, ou ambos, separadamente ou combinados, quais sejam, o ajustamento e o erro, mas há outros critérios que são relevantes.

Ao avaliar um modelo, há vários fatores a considerar. Em termos gerais, podem ser usados métodos estatísticos para medir a suficiência descritiva de um modelo (ajustando-o aos dados e testando esses ajustes), como também sua generalização e simplicidade (usando ferramentas de seleção de modelos). Porém, a qualidade de um modelo também depende de sua interpretabilidade, de sua consistência com outros e de sua plausibilidade global. Isso implica em julgamentos inerentemente subjetivos, mas não menos importantes. Como sempre, não há nenhum substitutivo para avaliações pessoais e para o bom-senso, pois é crucial reconhecer que todos os modelos estão errados e uma meta realística de modelar é encontrar um modelo que represente uma aproximação da verdade em um senso estatisticamente definido.

Conforme Myung et al. (citados por FLORIANO et al., 2006), pode-se classificar os critérios de seleção em qualitativos e quantitativos. Os critérios qualitativos consideram a ligação do modelo com o processo estudado, sua interpretabilidade e compreensibilidade. Os critérios qualitativos para seleção de um

modelo dizem respeito à sua suficiência explicativa. Os critérios quantitativos levam em conta a falseabilidade, a qualidade do ajustamento, a complexidade e a generabilidade do modelo.

Um modelo satisfaz o critério de suficiência explicativa se suas suposições são plausíveis, consistentes com os resultados encontrados, e se a relação teórica é razoável para o processo de interesse. Em outras palavras, o modelo deve fazer mais que reescrever os dados observados. O modelo também deve ser interpretável, fazer sentido e ser compreensível. É importante que os componentes do modelo, especialmente seus parâmetros, estejam ligados aos processos estudados. Em outras palavras, não há razão em se escolher um modelo que não se pode explicar (FLORIANO et al.,2006).

De acordo com Motulsky e Christopoulos (citados por FLORIANO et al., 2006), o ajustamento na regressão não-linear é quantificado como a soma dos quadrados das distâncias verticais da curva até os pontos de dados (soma de quadrados do erro). Pode-se equivocadamente assumir que o melhor modelo é o que minimiza a soma de quadrados do erro, mas não é assim tão simples comparar um modelo com outro. O problema é que um modelo mais complexo (com maior número de parâmetros) geralmente produz uma curva mais flexível que uma curva definida por um modelo mais simples. Isso significa que um modelo mais complexo pode ser transformado e então se ajustar melhor aos dados. Portanto, para comparar modelos, nem sempre se pode escolher o que se ajusta melhor aos dados amostrais e gera a menor soma de quadrados do erro.

### 3 OBJETIVOS

- Calcular valores de correlação entre as variáveis dependentes e independentes;
- Determinar diferentes equações de regressão para a obtenção de padrões alométricos, os quais poderão ser utilizados em escala comercial;
- Estimar a produtividade (número de frutos) da cultura do pinhão manso, baseado em variáveis mensuráveis, como altura da planta, número de folhas, área foliar;
- Ajuste de modelos que estimem a produção de frutos, baseados em variáveis de fácil mensuração para indivíduos de *Jatropha curcas* L.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Histórico e Caracterização do Local

Utilizou-se uma lavoura comercial localizada na fazenda Laguna, no município de Eldorado, localizado a sudoeste do Estado do Mato Grosso do Sul, com coordenadas geográficas de 24°47'13" de latitude Sul e 54°17'01" de longitude Oeste, e 380 metros de altitude.

O clima é classificado como Tropical de altitude, com períodos de chuva de dezembro a março, recebendo a classificação de Cwa (Köppen).

O relevo local caracteriza-se como planalto e planície levemente ondulados. Eldorado pertence à Bacia Hidrográfica do Rio Paraná e Sub-bacia do Rio Iguatemi. Seus principais cursos d'água são os rios Iguatemi e Paraná. Os córregos Morumbi, Peru e Viuda são nascentes no município.

### 4.2 Caracterização do Solo

A lavoura foi plantada em solo classificado como Latossolo vermelho escuro (LVE), de textura arenosa, de baixa fertilidade, de formação arenito caiuá, com histórico de pastagens anteriormente.

Na tabela 1 abaixo, podemos observar a análise química e granulométrica do solo da área.

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo, da Fazenda Laguna, município de Eldorado/MS.

PHAgua	PHCaCl2	Al	Ca	Mg	H + Al3	K	P_Mehlich	Soma	CTC	CTC_Efetiva	M%	V%	M_O	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia Total	Slite	Argila
5,80	5,10	0,00	1,30	0,80	2,78	0,12	5,80	2,22	5,00	2,22	0,00	44,35	11,49	0,80	91,90	44,30	1,70	845,00	51,00	104,00

### 4.3 Caracterização do Local de Coleta

A espécie utilizada foi a *Jatropha curcas* L., popularmente conhecida como pinhão manso e a área total utilizada foi de 7 hectares, a qual podemos observar nas figuras 1 e 2.

Nas entrelinhas da cultura realizou-se consórcio com diferentes culturas. As culturas utilizadas no consórcio foram: milho, feijão, aveia, abóbora, nabo e milheto (FIGURA 1). Esta prática aconteceu somente para manter o solo coberto e evitar a erosão do mesmo.



Figura 1. Vista da lavoura de Pinhão Manso, no Município de Eldorado/MS, onde foi realizada a coleta de dados. A imagem mostra as entrelinhas onde foi realizado o consórcio com outras culturas.



Figura 2. Vista da lavoura de Pinhão Manso, no Município de Eldorado/MS, onde realizou-se a coleta dos dados.

O plantio em covas foi realizado no período entre 15 e 21 de novembro de 2005, utilizando o sistema de plantio direto, após o dessecamento da pastagem. Foram semeadas 2 sementes por cova, originárias do Paraguai, e adicionado adubação de plantio composta de: 200 gramas do adubo comercial 03-33-15, 40 gramas de uréia, 4 kg de esterco de galinha e 60 gramas de enxofre.

O plantio total continha sete diferentes espaçamentos. Nesta pesquisa utilizou-se apenas aqueles apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Determinação dos tratamentos com relação aos espaçamentos.

TRATAMENTO	ESPAÇAMENTO (m)	ÁREA/PLANTA (m <sup>2</sup> )	No. DE PL/HA
1	3 X 2	6	1.667
2	5 X 2	10	1.000

#### 4.4 Delineamento Estatístico

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, onde cada espaçamento representa um tratamento (TABELA 1). Demarcou-se aleatoriamente 30 plantas em cada tratamento, respeitando a bordadura, das quais se coletou os dados necessários.

#### 4.5 Coleta de Amostras

O método escolhido para a realização deste trabalho foi o indireto ou não-destrutivo, isso por se tratar de uma lavoura comercial, o abate dos indivíduos se torna inviável.

Demarcou-se cada indivíduo antecipadamente, respeitando o croqui da área e um sorteio aleatório realizado antes da marcação das plantas. Esta aleatoriedade visa não demarcar as plantas de maneira tendenciosa.

Após a demarcação de cada indivíduo realizou-se a mensuração de cada variável independente, começando pela altura da planta a qual foi mensurada verticalmente a partir da superfície do solo até o ápice da mesma, utilizando-se uma régua altimétrica (FIGURA 3).

Posteriormente mensurou-se o diâmetro de cada galho primário, o qual se tomou a medida em torno de 2 centímetros da base do mesmo, com o auxílio de um paquímetro digital (FIGURA 4). O galho primário é caracterizado por apresentar sua inserção diretamente no tronco da planta.

De cada planta mensurou-se as variáveis independentes: altura total da planta (ALT), em metros, utilizando-se uma régua altimétrica; número de galhos primários (NG); diâmetro de cada galho primário (DG), em milímetros, utilizando-se um paquímetro digital; número total de folhas por planta (NFL); área foliar (AFL), em centímetros quadrados; e as variáveis dependentes, o número de frutos (NF) e a respectiva massa fresca dos frutos (MF), em gramas.

A coleta de dados efetivou-se entre os dias 10 e 13 do mês de março de 2008.

Para a determinação da quantidade de folhas a serem amostradas, realizou-se uma pré-amostragem, na qual coletou-se folhas das árvores, obteve-se a área

foliar das mesmas utilizando-se o programa QUANT versão 1.0.1 (Vale et al., 2003). Posteriormente aplicou-se os resultados obtidos na fórmula abaixo, para um limite de erro máximo de 20%.

$$n = t^2 * S^2 / E^2$$

Onde:

n = intensidade de amostra para uma população infinita

t = tabelado, de acordo com o grau de liberdade a 5% de significância

S<sup>2</sup> = variância da amostra

E = limite de erro (20%) \* média da amostra

Para a obtenção da área foliar, coletou-se 23 folhas de cada planta, aleatoriamente, de diferentes tamanhos, as quais foram fotografadas com resolução de 2 megapixels cada foto, utilizando-se câmera digital e estas submetidas ao programa QUANT (versão 1.0.1) (Vale et al., 2003) para estimativa da área foliar, em centímetros quadrados. Após a obtenção da área foliar, calculou-se a média por planta com a multiplicação pelo número total de folhas da planta.

A determinação da área foliar é um método laborioso, o qual despendeu de muito tempo, em torno de 2 meses e mão de obra, para obtenção da mesma.



Figura 3. Determinação da altura da planta, utilizando-se uma régua altimétrica. Eldorado,MS - 2008.



Figura 4. Mensuração do diâmetro do galho primário, utilizando-se um paquímetro digital. Eldorado, MS – 2008.

A coleta dos dados continuou com a contagem do número de folhas total de cada indivíduo e posterior coleta das 23 folhas, utilizadas para a determinação da área foliar.

Após isto, colheram-se todos os frutos presentes na planta, os quais se apresentavam em diferentes estágios de desenvolvimento e estes contados e pesados em balança digital para a obtenção da massa fresca (FIGURA 5).

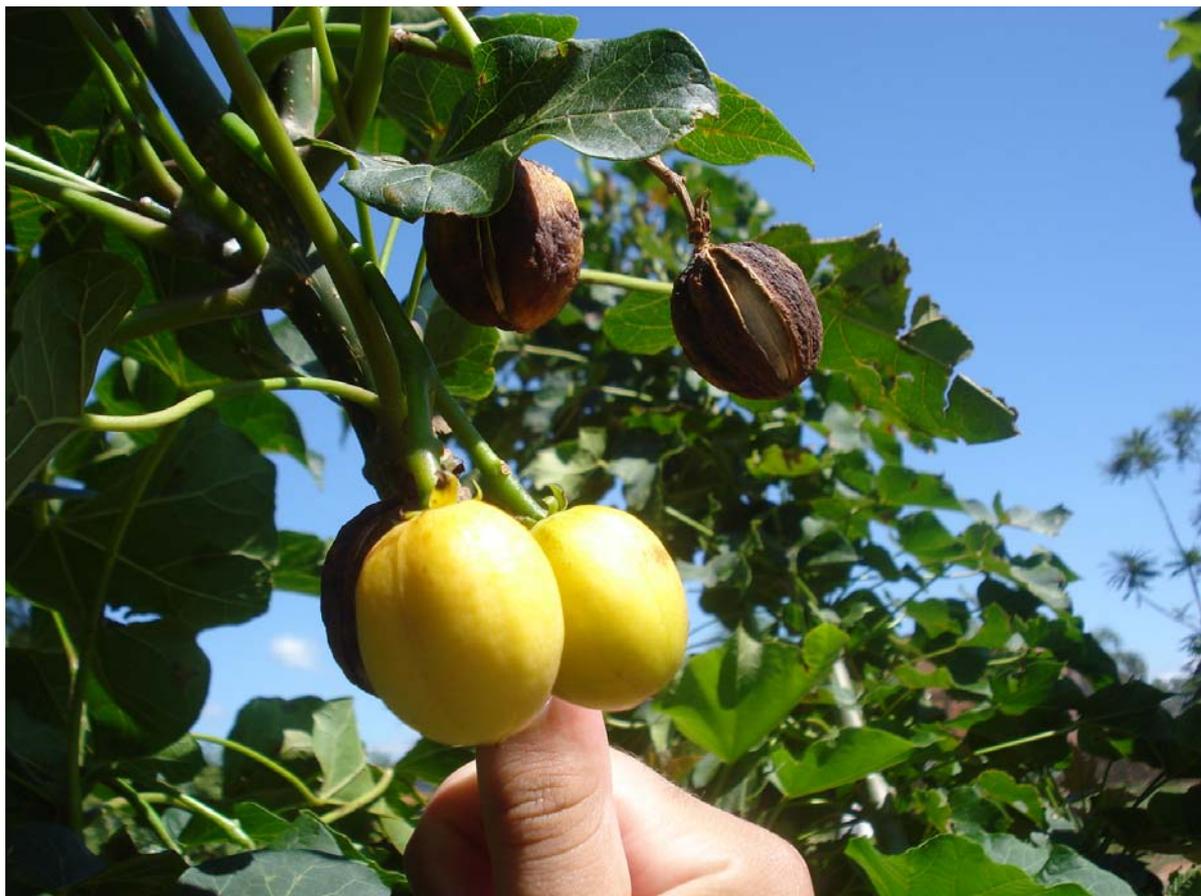


Figura 5. Frutos em diferentes estágios de desenvolvimento, na mesma planta. Eldorado, MS – 2008.

#### 4.6 Análise dos Dados Obtidos

Todos os dados coletados passaram por análise de variância (teste F), a significância de 5%, utilizando planilha de Excel, para comparar as médias entre o espaçamento de 3 x 2 m e o espaçamento de 5 x 2 m.

Posteriormente os dados de todas as variáveis foram submetidos à análise de Regressão no programa estatístico SAEG (Sistema para Análises Estatísticas), com isso obteve-se vários modelos de equações.

Para avaliar a correlação entre as variáveis gerou-se uma matriz de correlação. Após a geração desta matriz, as variáveis que apresentaram maior valor de correlação com as variáveis independentes foram utilizadas para a construção de modelos de regressão. Ajustaram-se diferentes modelos de regressão como: linear, exponencial, potencial, polinomial e logarítmica (PORTELA; SANTOS, 2003).

As variáveis independentes passaram por correlação entre si e posteriormente análise de regressão para obtenção de equações de regressão.

Para a seleção final do modelo que melhor representa o tratamento, foram consideradas: os maiores valores para o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ); a simplicidade dos modelos; e os menores valores para a raiz do quadrado médio dos resíduos ou erro ( $\sqrt{QME}$ ). Utilizou-se este método de acordo com Aleixo et al. (2008).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise dos Dados

Devido à diversidade das unidades de medição das variáveis compiladas, optou-se por utilizar a média obtidas das variáveis mensuradas. Esta diversidade se deve aos tratos culturais realizados na lavoura, como a poda das plantas e à origem das sementes utilizadas no plantio.

A tabela 3 mostra as médias, o desvio padrão e o coeficiente de variação para todas as variáveis mensuradas, comparando-se o espaçamento de 3 x 2 m e o espaçamento de 5 x 2 m.

Tabela 3. Comparação das médias de altura total da planta (ALT), número de galhos primários (NG), diâmetro médio do galho primário (DG), número total de folhas por planta (NFL), área foliar (AFL), o número de frutos total (NF) e massa fresca dos frutos (MF), em plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), para o espaçamento de 3 x 2 m e o espaçamento de 5 x 2 m.

		VARIÁVEIS						
		ALT (m)	AFL (cm <sup>2</sup> )	NFL	DG (mm)	NG	NF	MF (g/pl)
3 X 2 m	MÉDIA	2,58 <sup>ns</sup>	58852,44 <sup>**</sup>	773,00 <sup>**</sup>	64,70 <sup>*</sup>	5,13 <sup>ns</sup>	46,60 <sup>*</sup>	486,17 <sup>*</sup>
	DP	0,20	20229,85	212,17	8,66	1,48	40,58	401,98
	CV %	7,80	34,37	27,45	13,38	28,82	87,07	82,68
5 X 2 m	MÉDIA	2,69 <sup>ns</sup>	101171,48 <sup>**</sup>	1127,80 <sup>**</sup>	76,13 <sup>**</sup>	5,07 <sup>ns</sup>	84,00 <sup>*</sup>	864,71 <sup>*</sup>
	DP	0,24	33283,96	317,46	9,86	1,46	69,12	787,89
	CV %	8,85	32,90	28,15	12,96	28,83	82,29	91,12

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo Teste F, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo  
DP: desvio padrão; CV%: coeficiente de variação em %

Na tabela acima pode-se observar que para as variáveis altura e número de galhos primários não apresentam diferença significativa entre os espaçamentos. Já as variáveis número de frutos e massa fresca dos frutos apresentam diferença significativa a 5% e as variáveis área foliar, número de folhas e diâmetro de galhos primários mostraram diferença significativa a 1%.

De acordo com Rodrigues (2008) a correlação linear é utilizada para verificar, num determinado conjunto, a dependência entre duas séries de variáveis. Trata-se

de um valor abstrato que dá uma idéia sobre a dependência entre os dados apresentados. A correlação pode ser denominada positiva ou negativa e para dados normais utiliza-se a Correlação de Pearson.

Hair Jr et al. (2007) descrevem que o coeficiente de correlação indica a força da associação entre quaisquer duas variáveis. O sinal (- ou +) indica a direção da relação. O valor pode variar de -1 a +1, em que +1 indica uma perfeita relação positiva, 0 indica relação nenhuma e -1, uma perfeita relação negativa ou reversa, isto é, quando uma variável se torna maior a outra fica menor.

Souza et al. (2007) verificaram, correlação positiva e significativa entre a massa do racemo e o número de frutos por racemo, pela matriz de correlação dos componentes de produção da mamoneira (*Ricinus communis* L.).

Diniz et al. (2009), em trabalho com mamona no Ceará, observaram que o espaçamento aliado ao desbaste dos ramos axilares da planta interferiram no número de frutos produzidos por planta, aumentando os mesmos. Já Lucena *et al.* (2007), também em trabalho com mamona, demonstraram que a diferença no número de frutos por planta se deu pela diferença entre as cultivares utilizadas. Esta diferença demonstrou uma produção de 45% a mais de frutos na cultivar BRS Paraguaçu em relação a BRS Nordestina.

Silva (2008) evidenciou o efeito da regressão linear para o fator desfolha das plantas, em relação ao número de frutos e sementes de mamoneira.

Drumond et al. (2008), em trabalho com pinhão-manso na região semi-árida de Pernambuco utilizando um espaçamento de 2 X 2 m, demonstrou que o fornecimento de água para as plantas, através de irrigação, interferiu na produção de frutos por planta. O número médio de frutos colhidos por planta, com e sem irrigação foi de 210 e 50 frutos, respectivamente.

Ungaro et al. (2007) também trabalharam com pinhão manso em diferentes espaçamentos, no município de Petrolina-PE, em solo argiloso, e concluíram que quanto mais adensado o número de plantas por hectare, maior a produção e que a produção por planta não foi influenciada nas diferentes densidades populacionais, indicativo de que o pinhão não consegue compensar eventuais falhas de estande.

Comparando-se o autor acima com este trabalho, o que difere é que no trabalho acima o menor espaçamento resultou em maior produção, e neste trabalho o maior espaçamento foi o que apresentou maior produção e os melhores resultados.

Na tabela 4 observa-se as matrizes de correlação obtidas das variáveis independentes com relação ao número de frutos por planta para o espaçamento de 3 x 2 m e para o espaçamento de 5 x 2 m.

Tabela 4. Coeficientes de correlação de Pearson das variáveis número de folhas (NFL), altura total de planta (ALT) e área foliar (AFL) em relação ao número de frutos totais da planta (NF), para o espaçamento de 3 x 2 m e o espaçamento de 5 x 2 m.

<b>ESPAÇAMENTO</b>	<b>NFL</b>	<b>ALT</b>	<b>AFL</b>
<b>3 X 2 m</b>	0,4107*	0,3741*	0,2535 <sup>ns</sup>
<b>5 X 2 m</b>	0,6392**	0,6279**	0,4541**

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo Teste F, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

O número de folhas e a altura de planta foram as variáveis que mais se destacaram com relação ao número de frutos apresentando 41% e 37% de correlação respectivamente para o espaçamento 3 x 2 m e 63% e 62% de correlação para o maior espaçamento.

Entre as variáveis dependentes o número de frutos foi a variável utilizada para a análise de regressão e a massa dos frutos foi descartada pelo fato de ser a massa fresca, na qual não é conhecido a porcentagem de água presente na mesma e para as variáveis dependentes foram utilizadas as que apresentaram maiores coeficientes de correlação, sendo o número de folhas e a altura de planta. As outras variáveis independentes foram também descartadas para esta análise.

Após a análise de regressão obteve-se vários modelos de equações as quais estão apresentadas nas tabelas 5 e 6, onde estão descritas as equações obtidas para os espaçamentos 3 x 2 m e 5 x 2 m e seus respectivos valores de coeficientes de determinação ajustados e os valores dos quadrados médios dos erros.

Tabela 5. Modelos de equações testados para a variável dependente número de frutos total e as variáveis independentes número de folhas, e altura de planta, para o espaçamento 3 x 2 m.

Equação	$R^2_{aj.}$	$\sqrt{QME}$
$NF_{total} = -14,1166 + 0,07855NFL$	0,138991	37,6512*
$NF_{total} = -148,095 + 75,3852ALT$	0,109252	38,2959*
$NF_{total} = 40,3166 - 0,07088NFL + 0,0000953NFL^2$	0,132702	37,7885 <sup>ns</sup>
$NF_{total} = -268,320 + 1,2869NFL - 0,001722NFL^2 + 0,00000075NFL^3$	0,231090	35,5805*
$NF_{total} = -124,056 + 0,3947NFL + 0,000185NFL^2 + 0,00000094NFL^3 + 0,0000000053NFL^4$	0,203393	36,2157*
$NF_{total} = -646,794 + 476,957ALT - 80,25ALT^2$	0,089468	38,7189 <sup>ns</sup>
$NF_{total} = 1338,49 - 1937,1ALT + 891,283ALT^2 - 129,475ALT^3$	0,056933	39,4045 <sup>ns</sup>
$NF_{total} = -29681,5 + 48096,1ALT - 29203,2ALT^2 + 7872,79ALT^3 - 793,856ALT^4$	0,024256	40,0814 <sup>ns</sup>
$NF_{total} = 100,319 - 8,6083NFL^{1/2} + 0,2371NFL$	0,115378	38,1640 <sup>ns</sup>
$NF_{total} = 88,7316 - 29811,8/NFL$	0,101258	38,4674*
$NF_{total} = -298,070 + 52,1463 \ln(NFL)$	0,119776	38,0690*
$NF_{total} = -298,070 + 120,071 \log(NFL)$	0,119776	38,0690*
$NF_{total} = -2090,07 + 246,755NFL^{1/2} - 9,4429NFL + 0,1196NFL^{1,5}$	0,215641	35,9362*
$NF_{total} = -2081,68 + 2455,66ALT^{1/2} - 702,812ALT$	0,088888	38,7312 <sup>ns</sup>
$NF_{total} = 230,187 - 471,133/ALT$	0,116733	38,1348*
$NF_{total} = -132,877 + 189,776 \ln(ALT)$	0,113511	38,2042*
$NF_{total} = -132,877 + 436,976 \log(ALT)$	0,113511	38,2042*
$NF_{total} = 14817,7 - 29840,1ALT^{1/2} + 19833,9ALT - 4345,66ALT^{1,5}$	0,056582	39,4119 <sup>ns</sup>
$NF_{total} = 132,501 + 0,06004NFL + 51,3772ALT$	0,166871	37,0366*
$NF_{total} = -90,2706 - 0,2605NFL + 0,000197NFL^2 + 81,9830ALT$	0,226872	35,6780*
$NF_{total} = -270,303 + 0,05824NFL + 162,684ALT - 22,0997ALT^2$	0,135783	37,7213 <sup>ns</sup>
$NF_{total} = -415,285 - 0,2752NFL + 0,000204NFL^2 + 346,616ALT - 52,3441ALT^2$	0,201420	36,2605*
$NF_{total} = -496,939 + 0,6208NFL + 198,555ALT - 0,2232NFL*ALT$	0,185283	36,6251*
<b><math>NF_{total} = -599,046 + 0,4549NFL + 0,00025NFL^2 + 300,032ALT - 0,3185NFL*ALT</math></b>	<b>0,296077</b>	<b>34,0438*</b>
$NF_{total} = 61,3695 + 0,8683NFL - 314,924ALT + 114,361ALT^2 - 0,3181NFL*ALT$	0,169839	36,9706 <sup>ns</sup>
$NF_{total} = -12,1008 + 0,7143NFL + 0,000251NFL^2 - 239,734ALT + 120,364ALT^2 - 0,4189NFL*ALT$	0,286523	34,2740*
$NF_{total} = -7,4666 + 0,6955NFL + 0,000264NFL^2 - 240,9ALT + 120,045ALT^2 - 0,4111NFL*ALT - 0,0000051NFL^2*ALT$	0,255504	35,0111*
$NF_{total} = 480,473 - 0,07117NFL + 0,000248NFL^2 - 637,8ALT + 200,055ALT^2 + 0,2091NFL*ALT - 0,1241NFL*ALT^2$	0,255895	35,0019*
$NF_{total} = 551,377 - 0,09637NFL + 0,000151NFL^2 - 714,912ALT + 219,733ALT^2 + 0,2852NFL*ALT + 0,0000393NFL^2*ALT - 0,1511NFL*ALT^2$	0,222149	35,7868 <sup>ns</sup>
$NF_{total} = 18755,0 - 61,8310NFL + 0,0521NFL^2 - 15550,5ALT + 3230,92ALT^2 + 50,0108NFL*ALT - 0,04131NFL^2*ALT - 10,1326NFL*ALT^2 + 0,00821NFL^2*ALT^2$	0,250590	35,1265 <sup>ns</sup>

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo Teste F, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

Tabela 6. Modelos de equações testados para a variável dependente número de frutos total e as variáveis independentes número de folhas, e altura de planta, para o espaçamento 5 x 2 m.

Equação	$R^2_{ai}$	$\sqrt{QME}$
NFtotal= -72,9568 + 0,1392NFL	0,387433	54,0992**
NFtotal= -406,197 + 182,094ALT	0,372581	54,7511**
NFtotal= 27,5728 - 0,04913NFL + 0,0000817NFL <sup>2</sup>	0,389971	53,9869**
NFtotal= -581,681 + 1,6858NFL - 0,00144NFL <sup>2</sup> + 0,000000419NFL <sup>3</sup>	0,456782	50,9449**
NFtotal= 491,861 - 2,4231NFL + 0,00413NFL <sup>2</sup> + 0,00000277NFL <sup>3</sup> + 0,0000000065NFL <sup>4</sup>	0,463408	50,6333**
NFtotal= 623,478 - 611,753ALT + 151,656ALT <sup>2</sup>	0,367763	54,9609**
NFtotal= -3256,53 + 3891,62ALT - 1579,54ALT <sup>2</sup> + 220,507ALT <sup>3</sup>	0,345996	55,8989**
NFtotal= 131600 - 205332ALT + 119564ALT <sup>2</sup> - 308089ALT <sup>3</sup> + 2966,90ALT <sup>4</sup>	0,345470	55,9215**
NFtotal= 220,170 - 18,0889NFL <sup>1/2</sup> + 0,4125NFL	0,378156	54,5073**
NFtotal= -8,1094 * NFL <sup>3,2289</sup>	0,484256	0,4261**
NFtotal= 0,2587 * 0,00127 <sup>NFL</sup>	0,440481	0,4438**
NFtotal= 207,234 - 127446/NFL	0,309314	57,4453**
NFtotal= 1/(0,4158 - 0,000299NFL)	0,190237	0,1825**
NFtotal= -901,781 + 141,093 ln(NFL)	0,352209	55,6328**
NFtotal= -901,781 + 324,878 log(NFL)	0,352209	55,6328**
Log(NFtotal)= 2,9964 - 1353,1/NFL	0,492048	0,4229**
NFtotal= -3864,67 + 360,881NFL <sup>1/2</sup> - 11,0871NFL + 0,1143NFL <sup>1,5</sup>	0,428271	52,2647**
Log(NFtotal)= -8,109 + 3,2289 log(NFL)	0,484256	0,4261**
Ln(NFtotal)= -18,6725 + 3,2289 ln(NFL)	0,484256	0,9812**
NFtotal= 3624,68 - 5005,93ALT <sup>1/2</sup> + 1732,79ALT	0,367187	54,9859**
NFtotal= -2,8645 * ALT <sup>10,6279</sup>	0,491594	0,4231**
NFtotal= -3,0821 * 1,7719 <sup>ALT</sup>	0,488922	0,4242**
NFtotal= 529,369 - 1189,22/ALT	0,353041	55,5971**
NFtotal= 1/(1,1724 - 0,4061ALT)	0,200050	0,1814**
NFtotal= -377,503 + 467,907 ln(ALT)	0,363627	55,1403**
NFtotal= -377,503 + 1077,39 log(ALT)	0,363627	55,1403**
Log(NFtotal)= 6,1380 - 11,8825/ALT	0,490965	0,4234**
NFtotal= -24704,9 + 47878,4ALT <sup>1/2</sup> - 31122,5ALT + 6793,49ALT <sup>1,5</sup>	0,345016	55,9406**
Log(NFtotal)= -2,8645 + 10,6279 log(ALT)	0,491594	0,4231**
Ln(NFtotal)= -6,5957 + 10,6279 ln(ALT)	0,491594	0,9742**
NFtotal= -269,294 + 0,08322NFL + 96,3732ALT	0,412425	52,9841**
<b>NFtotal= -201,106 - 0,3691NFL + 0,000179NFL<sup>2</sup> + 170,389ALT</b>	<b>0,484915</b>	<b>49,6082**</b>
NFtotal= 995,793 + 0,08927NFL - 877,528ALT + 184,864ALT <sup>2</sup>	0,417903	52,7365**
NFtotal= -941,622 - 0,4775NFL + 0,000219NFL <sup>2</sup> + 769,478ALT - 110,495ALT <sup>2</sup>	0,469541	50,3431**
NFtotal= 279,053 - 0,5674NFL - 103,051ALT + 0,2336NFL*ALT	0,458993	50,8411**
NFtotal= -491,135 - 0,1980NFL + 0,00026NFL <sup>2</sup> + 321,587ALT - 0,13697NFL*ALT	0,467881	50,4218**
NFtotal= -623,592 - 0,8895NFL + 700,016ALT - 170,8255ALT <sup>2</sup> + 0,3470NFL*ALT	0,445312	51,4899**
NFtotal= -902,986 - 0,3898NFL + 0,000242NFL <sup>2</sup> + 706,250ALT - 88,1486ALT <sup>2</sup> - 0,05248NFL*ALT	0,447761	51,3662**
NFtotal= -1015,86 + 2,2904NFL - 0,001127NFL <sup>2</sup> + 286,865ALT + 53,9760ALT <sup>2</sup> - 0,9034NFL*ALT + 0,000443NFL <sup>2</sup> *ALT	0,440864	51,6859**
NFtotal= -3062,52 + 2,4178NFL + 0,000143NFL <sup>2</sup> + 2388,96ALT - 431,926ALT <sup>2</sup> - 2,1009NFL*ALT + 0,4037NFL*ALT <sup>2</sup>	0,430170	52,1778**
NFtotal= 3600,62 - 0,6698NFL - 0,00255NFL <sup>2</sup> - 3919,39ALT + 981,076ALT <sup>2</sup> + 2,5826NFL*ALT + 0,000975NFL <sup>2</sup> *ALT - 0,8883NFL*ALT <sup>2</sup>	0,422159	52,5434**
NFtotal= 10335,2 - 24,8878NFL + 0,01315NFL <sup>2</sup> - 7952,83ALT + 1531,64ALT <sup>2</sup> + 18,8735NFL*ALT - 0,00995NFL <sup>2</sup> *ALT - 3,5626NFL*ALT <sup>2</sup> + 0,00188NFL <sup>2</sup> *ALT <sup>2</sup>	0,421308	52,5821**

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo Teste F, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

Para o espaçamento 3 x 2 m, o modelo de equação que melhor explica significativamente os dados, com relação ao número de frutos, número de folhas e altura, é a seguinte:

$$\mathbf{NF_{total} = -599,046 + 0,4549NFL + 0,00025NFL^2 + 300,032ALT - 0,3185NFL*ALT}$$

Referente ao espaçamento 5 x 2 m, o modelo escolhido foi:

$$\mathbf{NF_{total} = -201,106 - 0,3691NFL + 0,000179NFL^2 + 170,389ALT}$$

Isso pode ser evidenciado por causa dos maiores valores dos coeficientes de determinação ajustados e dos quadrados médios do erro serem baixos. Estas equações podem ser denominadas de equações alométricas.

O coeficiente de determinação ajustado no modelo para o menor espaçamento explica em torno de 30% das variações, enquanto para o modelo do maior espaçamento explica em torno de 50% das variações. O coeficiente de determinação expressa a variação total dos dados explicada pela regressão, selecionando-se a equação que contenha maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ).

Conforme Rodrigues (2008), o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) expressa a porcentagem de variação do valor da variável dependente em função do valor da variável independente, isto é, deve ser interpretado como a proporção de variação total da variável dependente que é explicada pela variação da variável independente.

De acordo com Hair Jr et al. (2007), o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ) é a medida modificada do coeficiente de determinação que considera o número de variáveis independentes incluídas na equação de regressão e o tamanho da amostra. Esta estatística é muito útil para comparação entre equações com diferentes números de variáveis independentes, diferentes tamanhos de amostras, ou ambos, uma vez que faz uma compensação para os diferentes tamanhos de amostras.

As outras variáveis independentes passaram por correlação entre si e os coeficientes de correlação de Pearson podem ser observados na tabela 7 para o espaçamento de 3 x 2 m e na tabela 8 para o espaçamento 5 x 2 m.

Tabela 7. Coeficientes de correlação de Pearson das variáveis altura total de planta (ALT), área foliar (AFL), número de folhas (NFL), diâmetro médio dos galhos primários (DG), número de galhos primários (NG), número de fruto (NF) e massa fresca dos frutos (MF), todos correlacionados entre si, para o espaçamento de 3 x 2 m.

	ALT	AFL	NFL	DG	NG	NF	MF
ALT	1,0000**	0,2690 <sup>ns</sup>	0,3795*	0,2805 <sup>ns</sup>	0,4120*	0,3741*	0,3559*
AFL	0,2690 <sup>ns</sup>	1,0000**	0,9567**	0,1430 <sup>ns</sup>	0,4410*	0,2535 <sup>ns</sup>	0,3221*
NFL	0,3795*	0,9567**	1,0000**	0,1341 <sup>ns</sup>	0,5117**	0,4107*	0,4608**
DG	0,2805 <sup>ns</sup>	0,1430 <sup>ns</sup>	0,1341 <sup>ns</sup>	1,0000**	-0,4327**	0,2275 <sup>ns</sup>	0,1543 <sup>ns</sup>
NG	0,4120*	0,4410*	0,5117**	-0,4327**	1,0000**	0,2772 <sup>ns</sup>	0,3097*
NF	0,3741*	0,2535 <sup>ns</sup>	0,4107*	0,2275 <sup>ns</sup>	0,2772 <sup>ns</sup>	1,0000**	0,9645**
MF	0,3559*	0,3221*	0,4608**	0,1543 <sup>ns</sup>	0,3097*	0,9645**	1,0000**

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo Teste F, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

Tabela 8. Coeficientes de correlação de Pearson das variáveis altura total de planta (ALT), área foliar (AFL), número de folhas (NFL), diâmetro médio dos galhos primários (DG), número de galhos primários (NG), número de fruto (NF) e massa fresca dos frutos (MF), todos correlacionados entre si, para o espaçamento de 5 x 2 m.

	ALT	AFL	NFL	DG	NG	NF	MF
ALT	1,0000**	0,6859**	0,7733**	0,0940 <sup>ns</sup>	0,4523**	0,6279**	0,6372**
AFL	0,6859**	1,0000**	0,8969**	0,1485 <sup>ns</sup>	0,3523*	0,4541**	0,4692**
NFL	0,7733**	0,8969**	1,0000**	0,0321 <sup>ns</sup>	0,5689**	0,6392**	0,6544**
DG	0,0940 <sup>ns</sup>	0,1485 <sup>ns</sup>	0,0321 <sup>ns</sup>	1,0000**	-0,5767**	0,2141 <sup>ns</sup>	0,2197 <sup>ns</sup>
NG	0,4523**	0,3523*	0,5689**	-0,5767**	1,0000**	0,4133*	0,4246**
NF	0,6279**	0,4541**	0,6392**	0,2141 <sup>ns</sup>	0,4133*	1,0000**	0,9781**
MF	0,6372**	0,4692**	0,6544**	0,2197 <sup>ns</sup>	0,4246**	0,9781**	1,0000**

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo Teste F, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

Analisando as tabelas 7 e 8 constatamos que em geral existe uma maior correlação entre as variáveis para o espaçamento 5 x 2 m em comparação com o espaçamento 3 x 2 m, com exceção da relação entre altura e diâmetro médio de galhos primários e a relação entre área foliar e número de folhas e galhos.

Nas tabelas 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 e 16, estão apresentadas todas as equações obtidas relacionando-se as variáveis entre si e com isso obtendo-se novas equações alométricas.

Tabela 9. Modelos de equações testados para as variáveis número de folhas (NFL) em função da altura de planta (ALT), para o espaçamento 3 x 2 m e para o espaçamento 5 x 2 m.

<b>ESPAÇAMENTO 3 X 2 m</b>			
<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>aj.</sub></b>	<b>√QME</b>	
NFL= -259,727 + 399,868ALT	0,113469	199,7682*	
NFL= - 6464,51 + 5396,20ALT – 998,467ALT <sup>2</sup>	0,155412	194,9853*	
NFL= -2463,18 + 530,673ALT + 959,655ALT <sup>2</sup> – 260,956ALT <sup>3</sup>	0,123297	198,6578 <sup>ns</sup>	
NFL= 458650 - 743214ALT + 448315ALT <sup>2</sup> - 119215ALT <sup>3</sup> + 11800,7ALT <sup>4</sup>	0,129009	198,0096 <sup>ns</sup>	
NFL= -24685,9 + 31021,3ALT <sup>1/2</sup> – 9430,74ALT	0,154332	195,1099*	
NFL= 2,1545 * ALT <sup>1,7435</sup>	0,192404	0,1177**	
NFL= 2,1066 * 0,2958 <sup>ALT</sup>	0,178631	0,1187*	
NFL= 1789,38 – 2608,30/ALT	0,135184	197,3064*	
NFL= 1/(0,004608 – 0,00124ALT)	0,226657	0,000043**	
NFL= -200,112 + 1028,96 ln(ALT)	0,124737	198,4946*	
NFL= -200,112 + 2369,26 log(ALT)	0,124737	198,4946*	
Log(NFL)= 3,6147 – 1,9096/ALT	0,204785	0,1168**	
NFL= 57133,7 - 125340ALT <sup>1/2</sup> + 89998,9ALT – 21039,8ALT <sup>1,5</sup>	0,124153	198,5608 <sup>ns</sup>	
Log(NFL)= 2,1545 + 1,7435 log(ALT)	0,192404	0,1177**	
Ln(NFL)= 4,9601 + 1,7435 ln(ALT)	0,192404	0,2709**	
<b>ESPAÇAMENTO 5 X 2 m</b>			
<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>aj.</sub></b>	<b>√QME</b>	
NFL= -1645,05 + 1030,03ALT	0,583625	204,8488**	
NFL= - 4170,73 + 2977,26ALT – 371,997ALT <sup>2</sup>	0,573458	207,3348**	
NFL= 8283,5 – 23084,5ALT + 9646,74ALT <sup>2</sup> – 1276,11ALT <sup>3</sup>	0,561101	210,3166**	
NFL= -189019 + 298534ALT - 176575ALT <sup>2</sup> + 46422,4ALT <sup>3</sup> – 4560,72ALT <sup>4</sup>	0,546417	213,8059**	
NFL= -11277,3 + 11962,3ALT <sup>1/2</sup> – 2675,55ALT	0,573035	207,4377**	
NFL= 1,8738 * ALT <sup>2,7092</sup>	0,675828	0,0741**	
NFL= 1,8262 * 0,4488 <sup>ALT</sup>	0,663190	0,0756**	
NFL= 3718,22 – 6916,93/ALT	0,587764	203,8281**	
NFL= 1/(0,003959 – 0,00111ALT)	0,705683	1,698 <sup>-04</sup> **	
NFL= -1519,65 + 2684,18 ln(ALT)	0,587297	203,9435**	
NFL= -1519,65 + 6180,56 log(ALT)	0,587297	203,9435**	
Log(NFL)= 4,1766 – 3,0502/ALT	0,684945	0,0731**	
NFL= 167440 - 321659ALT <sup>1/2</sup> + 204592ALT – 42856,8ALT <sup>1,5</sup>	0,560703	210,4119**	
Log(NFL)= 1,8738 + 2,7092 log(ALT)	0,675828	0,0741**	
Ln(NFL)= 4,3147 + 2,7092 ln(ALT)	0,675828	0,1707**	

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo Teste F, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

Na tabela 9 não se destaca nenhuma equação interessante porque para o espaçamento 3 x 2 m além da baixa correlação entre as variáveis observada na tabela 7, o coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj.}$ ) também apresenta-se baixo. Já para o espaçamento 5 x 2 m, o  $\sqrt{QME}$  apresenta-se alto.

Tabela 10. Modelos de equações testados para as variáveis altura de planta (ALT) em função do número de folhas (NFL), para o espaçamento 3 x 2 m e para o espaçamento 5 x 2 m.

<b>ESPAÇAMENTO 3 X 2 m</b>			
<b>Equação</b>	<b><math>R^2_{aj.}</math></b>	<b><math>\sqrt{QME}</math></b>	
ALT= 2,3042 + 0,00036NFL	0,113469	0,1896*	
ALT= 1,5929 + 0,002313NFL + 0,0000012NFL <sup>2</sup>	0,258158	0,1734**	
ALT= 1,5549 + 0,002479NFL – 0,0000015NFL <sup>2</sup> + 0,000000000092NFL <sup>3</sup>	0,229706	0,1767*	
ALT= 0,7073 + 0,00772NFL + 0,000012NFL <sup>2</sup> + 0,000000010NFL <sup>3</sup> + 0,0000000000031NFL <sup>4</sup>	0,203183	0,1797*	
ALT= -0,2929 + 0,1954NFL <sup>1/2</sup> – 0,00324NFL	0,253711	0,1739**	
ALT= 0,04808 * NFL <sup>0,1263</sup>	0,192404	0,0317**	
ALT= 0,3602 * 0,000065 <sup>NFL</sup>	0,124737	0,0329*	
ALT= 2,8721 – 204,766/NFL	0,226657	0,1771**	
ALT= 1/(0,486 – 0,000063NFL)	0,135184	0,0307*	
ALT= 0,5743 + 0,3038 ln(NFL)	0,178631	0,1825*	
ALT= 0,5743 + 0,6996 log(NFL)	0,178631	0,1825*	
Log(ALT)= 0,4628 – 36,8373/NFL	0,241456	0,0307**	
ALT= 1,7492 – 0,04271NFL <sup>1/2</sup> + 0,00579NFL - 0,000112NFL <sup>1,5</sup>	0,229747	0,1767*	
Log(ALT)= 0,04808 + 0,1263 log(NFL)	0,192404	0,0317**	
Ln(ALT)= 0,1107 + 0,1263 ln(NFL)	0,192404	0,0729**	
<b>ESPAÇAMENTO 5 X 2 m</b>			
<b>Equação</b>	<b><math>R^2_{aj.}</math></b>	<b><math>\sqrt{QME}</math></b>	
<b>ALT= 2,0373 + 0,000581NFL</b>	<b>0,583625</b>	<b>0,1538**</b>	
<b>ALT= 1,3421 + 0,001883NFL - 0,00000056NFL<sup>2</sup></b>	<b>0,669663</b>	<b>0,1369**</b>	
ALT= -0,3271 + 0,006636NFL – 0,0000047NFL <sup>2</sup> + 0,0000000012NFL <sup>3</sup>	0,713954	0,1275**	
ALT= 0,7671 + 0,002448NFL + 0,00000093NFL <sup>2</sup> - 0,0000000021NFL <sup>3</sup> + 0,00000000000067NFL <sup>4</sup>	0,714990	0,0168**	
ALT= -1,0062 + 0,1878NFL <sup>1/2</sup> – 0,002258NFL	0,689811	0,1327**	
ALT= -0,3411 * NFL <sup>0,2536</sup>	0,675828	0,0227**	
ALT= 0,3186 * 0,000097 <sup>NFL</sup>	0,587297	0,0256**	
<b>ALT= 3,3149 – 644,162/NFL</b>	<b>0,705683</b>	<b>0,1293**</b>	
ALT= 1/(0,4727 – 0,000087NFL)	0,587764	0,0229**	
ALT= -1,8703 + 0,6529 ln(NFL)	0,663190	0,1383**	

$ALT = -1,8703 + 1,5039 \log(NFL)$	0,663190	0,1383**
<b><math>\text{Log}(ALT) = 0,5339 - 109242/NFL</math></b>	<b>0,727468</b>	<b>0,0208**</b>
$ALT = -9,1045 + 0,9391NFL^{1/2} - 0,0251NFL + 0,000227NFL^{1,5}$	0,702355	0,1300**
$\text{Log}(ALT) = -0,3411 + 0,2536 \log(NFL)$	0,675828	0,0227**
$\text{Ln}(ALT) = -0,7854 + 0,2536 \ln(NFL)$	0,675828	0,0522**

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo Teste F, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

Para os modelos testados na tabela 10, com a variável altura de planta (ALT) em função do número de folhas (NFL), destacam-se as seguintes equações:

$$ALT = 2,0373 + 0,000581NFL$$

$$ALT = 1,3421 + 0,001883NFL - 0,00000056NFL^2$$

$$ALT = 3,3149 - 644,162/NFL$$

$$\text{Log}(ALT) = 0,5339 - 109242/NFL$$

Todas as equações destacadas acima pertencem ao maior espaçamento. Comparadas com o menor espaçamento, elas apresentam maior  $R^2_{aj}$  e menor  $\sqrt{QME}$ , por este motivo recebem destaque.

Tabela 11. Modelos de equações testados para as variáveis número de folhas (NFL) em função da área foliar (AFL), para o espaçamento 3 x 2 m e para o espaçamento 5 x 2 m.

<b>ESPAÇAMENTO 3 X 2 m</b>			
<b>Equação</b>	<b><math>R^2_{aj}</math></b>	<b><math>\sqrt{QME}</math></b>	
<b><math>NFL = 182,495 + 0,01003AFL</math></b>	<b>0,912234</b>	<b>62,8554**</b>	
$NFL = 167,085 + 0,01061AFL - 0,0000000047AFL^2$	0,909135	63,9555**	
$NFL = -143,037 + 0,02906AFL - 0,00000033AFL^2 + 0,000000000017AFL^3$	0,917090	61,0918**	
$NFL = -102,610 + 0,02562AFL - 0,00000023AFL^2 + 0,00000000000055AFL^3 + 0,000000000000000046AFL^4$	0,913808	62,2892**	
$NFL = 19,5064 + 1,4285AFL^{1/2} + 0,007006AFL$	0,910221	63,5722**	
$NFL = -0,6940 * AFL^{0,7518}$	0,923271	0,0363**	
$NFL = 2,5158 * 0,00000603^{AFL}$	0,862366	0,0486**	
$NFL = 1182,66 - 20870000/AFL$	0,760389	103,8562**	
$NFL = 1/(0,00265 - 0,000000021AFL)$	0,733908	2,5 <sup>-04**</sup>	

NFL= -4866,81 + 516,589 ln(AFL)	0,878616	73,9196**
NFL= -4866,81 + 1189,49 log(AFL)	0,878616	73,9196**
Log(NFL)= 3,14321 – 13890,9/AFL	0,890287	0,0434**
NFL= -1857,65 + 26,9642AFL <sup>1/2</sup> – 0,1049AFL + 0,000159AFL <sup>1,5</sup>	0,916737	61,2216**
Log(NFL)= -0,6940 + 0,7518 log(AFL)	0,923271	0,0363**
Ln(NFL)= -1,5980 + 0,7518 ln(AFL)	0,923271	0,0835**

#### ESPAÇAMENTO 5 X 2 m

Equação	$R^2_{aj.}$	$\sqrt{QME}$
NFL= 262,344 + 0,008554AFL	0,797395	142,8949**
NFL= -88,8944 + 0,01584AFL – 0,000000034AFL <sup>2</sup>	0,815726	136,2773**
NFL= 467,926 - 0,00167AFL + 0,00000013AFL <sup>2</sup> - 0,00000000000048AFL <sup>3</sup>	0,816970	135,8166**
NFL= -2692,26 + 0,1340AFL – 0,0000019AFL <sup>2</sup> + 0,000000000012AFL <sup>3</sup> - 0,00000000000000027AFL <sup>4</sup>	0,836664	128,3016**
NFL= -1020,30 + 8,3467AFL <sup>1/2</sup> - 0,004655AFL	0,811191	137,9440**
NFL= -0,9363 * AFL <sup>0,7972</sup>	0,852559	0,4999**
NFL= 2,6812 * 0,0000035 <sup>AFL</sup>	0,788678	0,0599**
NFL= 1874,79 – 67252000/AFL	0,764172	154,1661**
NFL= 1/(0,00178 – 0,0000000081AFL)	0,728410	1,63 <sup>-04</sup> **
NFL= -8342,48 + 825,743 ln(AFL)	0,814404	136,7652**
NFL= -8342,48 + 1901,34 log(AFL)	0,814404	136,7652**
Log(NFL)= 3,3559 – 28955,0/AFL	0,845650	0,0512**
NFL= 2910,44 – 30,0799AFL <sup>1/2</sup> + 0,1175AFL - 0,000127AFL <sup>1,5</sup>	0,811794	137,7235**
Log(NFL)= -0,9363 + 0,7972 log(AFL)	0,852559	0,4999**
Ln(NFL)= -2,1558 + 0,7972 ln(AFL)	0,852559	0,1151**

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo Teste F, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

Para as equações que relacionam número de folhas (NFL) e área foliar (AFL) recebe destaque a seguinte equação:

$$\text{NFL} = 182,495 + 0,01003\text{AFL}$$

Esta equação pertence ao espaçamento 3 x 2 m e sobressai-se pelo alto valor de  $R^2_{aj.}$ , comparando-se com o espaçamento 5 x 2 m e pela simplicidade do modelo, por ser uma equação linear. A aplicação desta equação na prática é discutível porque a determinação da área foliar depende de tempo e aparelhos ou programas específicos para este fim, ou ainda por demandarem excessiva mão de obra para este fim.

Tabela 12. Modelos de equações testados para as variáveis área foliar (AFL) em função do número de folhas (NFL), para o espaçamento 3 x 2 m e para o espaçamento 5 x 2 m.

<b>ESPAÇAMENTO 3 X 2 m</b>			
<b>Equação</b>	<b><math>R^2_{aj}</math></b>	<b><math>\sqrt{QME}</math></b>	
AFL= -11659,9 + 91,2191NFL	0,912234	5993,1552**	
AFL= -10038,3 + 86,7677NFL + 0,00284NFL <sup>2</sup>	0,915346	6100,0656**	
AFL= 1375,44 + 36,5562NFL + 0,07003NFL <sup>2</sup> - 0,000028NFL <sup>3</sup>	0,906303	6192,3606**	
AFL= 55835,6 - 300,253NFL + 0,7898NFL <sup>2</sup> - 0,000666NFL <sup>3</sup> + 0,00000020NFL <sup>4</sup>	0,904309	6257,8990**	
AFL= -1672,43 + 751,289NFL <sup>1/2</sup> + 105,058NFL	0,909237	6094,6214**	
<b>AFL= 1,2060 * NFL<sup>1,2316</sup></b>	<b>0,923271</b>	<b>0,1468**</b>	
<b>AFL= 4,1677 * 0,00074<sup>NFL</sup></b>	<b>0,878616</b>	<b>0,0584**</b>	
AFL= 108643 - 35231200/NFL	0,733908	10435,3917**	
AFL= 1/(0,000048 - 0,000000037NFL)	0,760389	4,4 <sup>06**</sup>	
AFL= -354126 + 62480,9 ln(NFL)	0,862366	7505,0916**	
AFL= -354126 + 143868 log(NFL)	0,862366	7505,0916**	
<b>Log(AFL)= 5,1903 - 317,654/NFL</b>	<b>0,875906</b>	<b>0,0590**</b>	
AFL= 97079,5 - 12264,1NFL <sup>1/2</sup> + 541,473NFL - 5,3937NFL <sup>1,5</sup>	0,906844	6174,4344**	
Log(AFL)= 1,2060 + 1,2316 log(NFL)	0,923271	0,1468**	
Ln(AFL)= 2,7769 + 1,2316 ln(NFL)	0,923271	0,1069**	
<b>ESPAÇAMENTO 5 X 2 m</b>			
<b>Equação</b>	<b><math>R^2_{aj}</math></b>	<b><math>\sqrt{QME}</math></b>	
AFL= -4877,56 + 94,0318NFL	0,797395	14981,6822**	
AFL= -29057,0 + 139,322NFL - 0,01964NFL <sup>2</sup>	0,796184	15026,3602**	
AFL= 97703,6 - 221,648NFL + 0,2977NFL <sup>2</sup> - 0,000087NFL <sup>3</sup>	0,805199	14690,3063**	
AFL= -99455,0 + 532,971NFL - 0,7251NFL <sup>2</sup> + 0,000498NFL <sup>3</sup> - 0,00000012NFL <sup>4</sup>	0,801531	14827,9499**	
AFL= -78466,7 + 4541,19NFL <sup>1/2</sup> + 25,4089NFL	0,793536	15123,6702**	
<b>AFL= 1,7163 * NFL<sup>1,0759</sup></b>	<b>0,852559</b>	<b>0,0581**</b>	
AFL= 4,4939 * 0,00043 <sup>NFL</sup>	0,814404	0,0652**	
AFL= 189481 - 91327600/NFL	0,728410	17345,6882**	
AFL= 1/(0,000024 - 0,000000012NFL)	0,764172	2,014 <sup>06**</sup>	
AFL= -590812 + 99042,2 ln(NFL)	0,788678	15300,5719**	
AFL= -590812 + 228053 log(NFL)	0,788678	15300,5719**	
<b>Log(AFL)= 5,4088 - 442,543/NFL</b>	<b>0,832927</b>	<b>0,0618**</b>	
AFL= 796805 - 76662,0NFL <sup>1/2</sup> + 2489,47NFL - 24,4931NFL <sup>1,5</sup>	0,8000254	14875,5739**	
Log(AFL)= 1,7163 + 1,0759 log(NFL)	0,852559	0,0581**	
Ln(AFL)= 3,9519 + 1,0759 ln(NFL)	0,852559	0,1337**	

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo Teste F, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

Para as equações apresentadas na tabela 12, onde se testaram modelos com as variáveis área foliar em função do número de folhas, pode-se separar as seguintes equações para o espaçamento 3 x 2 m:

$$\mathbf{AFL = 1,2060 * NFL^{1,2316}}$$

$$\mathbf{AFL = 4,1677 * 0,00074^{NFL}}$$

$$\mathbf{\text{Log(AFL)} = 5,1903 - 317,654/NFL}$$

Observando-se as equações acima deduz-se que todas são do tipo logarítmica, concordando com com Niklas (2004), que disse que a equação a ser utilizada para determinação dos padrões alométricos se aproxima de  $Y = b X^a$ .

Para o espaçamento 5 x 2 m a seguinte equação sobressai:

$$\mathbf{AFL = 1,7163 * NFL^{1,0759}}$$

Esta equação também apresenta o formato logarítmico.

Todos os modelos em destaque podem ser utilizados como equações alométricas para a determinação da área foliar. Elas recebem crédito por apresentarem altos valores de  $R^2_{aj}$ .

Os coeficientes de determinação ajustados nos modelos para o menor espaçamento explicam em torno de 90% das variações, enquanto para o modelo do maior espaçamento explica 85% das variações. Os valores são altos, o que ocasiona crédito para a utilização das mesmas.

A significância a 1% e os baixos valores de  $\sqrt{QME}$  para as equações logarítmicas ampliam o crédito para a utilização das mesmas.

Analisando os coeficientes de correlação apresentados nas tabelas 7 e 8, podemos verificar que a correlação entre área foliar e número de folhas é de 95% e 89% para os espaçamentos 3 x 2 m e 5 x 2 m, respectivamente.

Tabela 13. Modelos de equações testados para as variáveis altura de planta (ALT) em função da área foliar (AFL), para o espaçamento 3 x 2 m e para o espaçamento 5 x 2 m.

<b>ESPAÇAMENTO 3 X 2 m</b>			
<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>aj.</sub></b>	<b>√QME</b>	
ALT= 2,4251 + 0,0000027AFL	0,039211	0,1974 <sup>ns</sup>	
ALT= 1,1986 + 0,000019AFL – 0,00000000014AFL <sup>2</sup>	0,140333	0,1867*	
ALT= 1,7303 + 0,000034AFL – 0,00000000040AFL <sup>2</sup> + 0,00000000000000014AFL <sup>3</sup>	0,115875	0,1893 <sup>ns</sup>	
ALT= 1,3474 + 0,000067AFL – 0,0000000013AFL <sup>2</sup> + 0,0000000000000012AFL <sup>3</sup> - 0,000000000000000000044AFL <sup>4</sup>	0,083942	0,1927 <sup>ns</sup>	
ALT= 0,7389 + 0,01478AFL <sup>1/2</sup> – 0,000029AFL	0,150629	0,1856*	
ALT = 0,04915 * AFL <sup>0,07626</sup>	0,100456	0,0334*	
ALT = 0,3816 * 0,00000049 <sup>AFL</sup>	0,047802	0,0428 <sup>ns</sup>	
ALT = 2,7630 – 9189,09/AFL	0,135612	0,1872*	
ALT = 1/(0,4183 – 0,00000049AFL)	0,056295	0,0321 <sup>ns</sup>	
ALT = 0,5964 + 0,1819 ln(AFL)	0,090178	0,0369 <sup>ns</sup>	
ALT = 0,5964 + 0,4189 log(AFL)	0,090178	0,0369 <sup>ns</sup>	
Log(ALT)= 0,4432 – 1655,72/AFL	0,145847	0,0326*	
ALT = 0,3748 + 0,0197AFL <sup>1/2</sup> – 0,0000503AFL + 0,000000031AFL <sup>1,5</sup>	0,118377	0,1891 <sup>ns</sup>	
Log(ALT)= 0,04915 + 0,07659 log(AFL)	0,100456	0,0334*	
Ln(ALT)= 0,1132 + 0,07659 ln(AFL)	0,100456	0,0769*	
<b>ESPAÇAMENTO 5 X 2 m</b>			
<b>Equação</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>aj.</sub></b>	<b>√QME</b>	
ALT= 2,1951 + 0,0000049AFL	0,451478	0,1765**	
ALT= 1,5815 + 0,000018AFL – 0,000000000059AFL <sup>2</sup>	0,571092	0,1561**	
ALT= 0,4744 + 0,000052AFL – 0,00000000039AFL <sup>2</sup> + 0,00000000000000096AFL <sup>3</sup>	0,613022	0,1483**	
ALT= 0,06657 + 0,000069AFL – 0,00000000065AFL <sup>2</sup> + 0,00000000000000026AFL <sup>3</sup> - 0,000000000000000000035AFL <sup>4</sup>	0,598341	0,1511**	
ALT= -0,5166 + 0,01765AFL <sup>1/2</sup> – 0,000023AFL	0,600076	0,1507**	
ALT = -0,5687 * AFL <sup>0,2002</sup>	0,562658	0,0263**	
ALT = 0,3449 * 0,00000083 <sup>AFL</sup>	0,456430	0,0294**	
ALT = 3,1966 – 45430,7/AFL	0,611919	0,1485**	
ALT = 1/(0,4493 – 0,00000074AFL)	0,458636	0,0262**	
ALT = -3,2147 + 0,5150 ln(AFL)	0,551040	0,1597**	
ALT = -3,2147 + 1,1859 log(AFL)	0,551040	0,1597**	
Log(ALT)= 0,5139 – 7702,63/AFL	0,630626	0,0242**	
ALT = -5,7185 + 0,0685AFL <sup>1/2</sup> – 0,000185AFL + 0,00000017AFL <sup>1,5</sup>	0,609134	0,1490**	
Log(ALT)= -0,5687 + 0,2002 log(AFL)	0,562658	0,0263**	
Ln(ALT)= -1,3094 + 0,2002 ln(AFL)	0,562658	0,0607**	

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo Teste F, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

Para os modelos referentes às variáveis altura de planta em função da área foliar não destaca-se nenhuma equação devido a baixa correlação entre elas para o espaçamento 3 x 2 m (26%), apresentada na tabela 7 e a baixa significância das equações para o mesmo espaçamento apresentadas acima.

Com relação ao espaçamento 5 x 2 m, as variáveis apresentam razoável correlação (68%) e alta significância para as equações, mas a aplicação na prática consome tempo para a determinação da área foliar.

Tabela 14. Modelos de equações testados para as variáveis área foliar (AFL) em função da altura de planta (ALT), para o espaçamento 3 x 2 m e para o espaçamento 5 x 2 m.

ESPAÇAMENTO 3 X 2 m		
Equação	$R^2_{aj}$	$\sqrt{QME}$
$AFL = -10931,3 + 27020,0ALT$	0,039211	19829,2637 <sup>ns</sup>
$AFL = -623617 + 520378ALT - 985926ALT^2$	0,083825	19363,4114 <sup>ns</sup>
$AFL = -1591740 + 1697590ALT - 572361ALT^2 + 63138,4ALT^3$	0,050966	19707,5975 <sup>ns</sup>
$AFL = 64543900 - 104975000ALT + 63589900ALT^2 - 16997900ALT^3 + 1692520ALT^4$	0,105277	19135,3782 <sup>ns</sup>
$AFL = -2450820 + 3098670ALT^{1/2} - 954944ALT$	0,084510	61438,2731 <sup>ns</sup>
$AFL = 4,0333 * ALT^{1,7241}$	0,100456	0,1589*
$AFL = 3,9919 * 0,2902^{ALT}$	0,090178	0,1599 <sup>ns</sup>
$AFL = 129960 - 182481/ALT$	0,056295	19652,1856 <sup>ns</sup>
$AFL = 1/(0,000066 - 0,000018ALT)$	0,135612	2,62 <sup>-09*</sup>
$AFL = -8088,30 + 70782,4 \ln(ALT)$	0,047802	19740,4129 <sup>ns</sup>
$AFL = -8088,30 + 162982 \log(ALT)$	0,047802	19740,4129 <sup>ns</sup>
$\text{Log}(AFL) = 5,4829 - 1,9031/ALT$	0,110102	0,1581*
$AFL = -4441800 + 690355ALT^{1/2} - 3374450ALT + 511979ALT^{1,5}$	0,049452	19723,3111 <sup>ns</sup>
$\text{Log}(AFL) = 4,0333 + 1,7241 \log(ALT)$	0,100456	0,1589*
$\text{Ln}(AFL) = 9,2869 + 1,7241 \ln(ALT)$	0,100456	0,3659*
ESPAÇAMENTO 5 X 2 m		
Equação	$R^2_{aj}$	$\sqrt{QME}$
$AFL = -156672 + 95781,3ALT$	0,451478	24650,8580**
$AFL = -518254 + 374550ALT - 53256,0ALT^2$	0,440959	24886,0985**
$AFL = 3793140 - 4629520ALT + 1870420ALT^2 - 245023ALT^3$	0,433035	25061,8555**
$AFL = -41335100 + 65384500ALT - 38668600ALT^2 + 10138600ALT^3 - 992835ALT^4$	0,422736	25288,4479**
$AFL = -1516600 + 1688890ALT^{1/2} - 427389ALT$	0,439922	24909,1689**
$AFL = 3,7445 * ALT^{2,8862}$	0,562658	0,1000**
$AFL = 3,6948 * 0,4777^{ALT}$	0,551040	0,1014**

AFL= 343007 – 645749/ALT	0,458636	24489,4978**
<b>AFL= 1/(0,000048 – 0,00014ALT)</b>	<b>0,611919</b>	<b>2,584<sup>06**</sup></b>
AFL= -145529 + 250123 ln(ALT)	0,456430	24539,3398**
AFL= -145529 + 575930 log(ALT)	0,456430	24539,3398**
Log(AFL)= 6,1986 – 3,2516/ALT	0,571115	9,814 <sup>03**</sup>
AFL= 32020500 - 60916500ALT <sup>1/2</sup> + 38467300ALT - 8042250ALT <sup>1,5</sup>	0,431483	25096,1252**
Log(AFL)= 3,7445 + 2,8862 log(ALT)	0,562658	0,1000**
Ln(AFL)= 8,6221 + 2,8862 ln(ALT)	0,562658	0,2303**

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo Teste F, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

Na tabela 14, salienta-se o seguinte modelo referente ao espaçamento 5 x 2 m, por apresentar o maior coeficiente de determinação ajustado e o menor valor de raiz do quadrado médio do erro:

$$\mathbf{AFL = 1/(0,000048 - 0,00014ALT)}$$

Em relação ao espaçamento 3 x 2 m não separa-se nenhuma equação devido ao baixos valores de  $R^2_{aj.}$  e a baixa significância das equações observada pelo teste F.

Tabela 15. Modelos de equações testados para as variáveis diâmetro do galho primário (DG) em função do número de galhos primários (NG), para o espaçamento 3 x 2 m e para espaçamento 5 x 2 m.

ESPAÇAMENTO 3 X 2 m			
Equação	$R^2_{aj.}$	$\sqrt{QME}$	
DG= 77,7007 – 2,5319NG	0,158189	7,9423*	
DG= 49,7565 – 9,3805NG – 1,1665NG <sup>2</sup>	0,245786	7,5178**	
DG= 36,7054 + 18,5827NG – 3,1539NG <sup>2</sup> + 0,1335NG <sup>3</sup>	0,221180	7,6394*	
DG= 19,9574 + 34,7753NG – 8,5827NG <sup>2</sup> + 0,8927NG <sup>3</sup> – 0,03779NG <sup>4</sup>	0,191251	7,7848 <sup>ns</sup>	
DG = -21,7225 + 92,5850 NG <sup>1/2</sup> – 23,5860NG	0,250926	7,4921**	
DG = 0,9144 * NG <sup>-0,1554</sup>	0,097670	0,0569 <sup>ns</sup>	
DG = 1,8972 * (-0,01756 <sup>NG</sup> )	0,158814	0,0549*	
DG = 58,5745 + 28,5138/NG	0,034532	8,5057 <sup>ns</sup>	
DG = 1/(0,01237 + 0,00066NG)	0,159315	2,05 <sup>03*</sup>	
DG = 80,1798 – 9,7305 ln(NG)	0,097117	8,2254 <sup>ns</sup>	
DG = 80,1798 – 22,4054 log(NG)	0,097117	8,2254 <sup>ns</sup>	
Log(DG)= 1,7642 + 0,1991/NG	0,069011	0,0605 <sup>ns</sup>	

$DG = -34,5188 + 111,477NG^{1/2} - 32,6625NG + 1,4223NG^{1,5}$	0,222200	7,6344*
$\text{Log}(DG) = 1,9144 - 0,1555 \log(NG)$	0,097670	0,0569 <sup>ns</sup>
$\text{Ln}(DG) = 4,4081 - 0,1555 \ln(NG)$	0,097670	0,1311 <sup>ns</sup>
ESPAÇAMENTO 5 X 2 m		
Equação	$R^2_{aj.}$	$\sqrt{QME}$
$DG = 95,8570 - 3,8942NG$	0,308739	8,2001**
<b><math>DG = 110,220 - 10,2596NG + 0,6450NG^2</math></b>	<b>0,316213</b>	<b>8,1557**</b>
$DG = 74,7332 + 16,2642NG - 5,2869NG^2 + 0,4079NG^3$	0,331252	8,0655**
$DG = 107,708 - 17,0828NG + 6,1573NG^2 - 1,2118NG^3 + 0,08101NG^4$	0,307645	8,2066**
$DG = 135,276 - 37,6631NG^{1/2} + 4,8704NG$	0,303827	8,2292**
$DG = 2,0301 * NG^{-0,2225}$	0,292032	0,0481**
$DG = 1,9871 * (-0,02154^{NG})$	0,278372	0,0485**
$DG = 62,4492 + 62,2035/NG$	0,294413	8,2846**
$DG = 1/(0,01013 + 0,000638NG)$	0,243417	1,561 <sup>-03**</sup>
$DG = 103,692 - 17,5032 \ln(NG)$	0,325250	8,1016**
$DG = 103,692 - 40,3026 \log(NG)$	0,325250	8,1016**
$\text{Log}(DG) = 1,8025 + 0,3429/NG$	0,263305	0,0490**
$DG = -184,304 + 446,400NG^{1/2} - 232,311NG + 37,7589NG^{1,5}$	0,328870	8,0798**
$\text{Log}(DG) = 2,0301 - 0,2225 \log(NG)$	0,292032	0,0481**
$\text{Ln}(DG) = 4,4675 - 0,2225 \ln(NG)$	0,292032	0,1107**

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo Teste F, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

Para a variável diâmetro médio dos galhos primários em função ao número de galhos primários, apesar da correlação ser negativa, se sobressai a equação abaixo, referente ao maior espaçamento, pela alta significância da mesma pelo teste F e pela simplicidade do modelo:

$$DG = 110,220 - 10,2596NG + 0,6450NG^2$$

Tabela 16. Modelos de equações testados para as variáveis área foliar (AFL) em função da altura da planta (ALT) e o número de folhas (NFL), para o espaçamento 3 x 2 m e para o espaçamento 5 x 2 m.

ESPAÇAMENTO 3 X 2 m		
Equação	$R^2_{aj.}$	$\sqrt{QME}$
$AFL = 13794,2 - 11046,7ALT + 95,1983NFL$	0,920100	5718,2803**
$AFL = -10235,4 + 8362,68ALT - 385369ALT^2 + 94,8843NFL$	0,917144	5823,1039**
$AFL = 10899,4 - 13144,7ALT + 117,171NFL - 0,01353NFL^2$	0,918767	5765,7835**
$AFL = -775,006 - 3639,22ALT - 1880,18ALT^2 + 116,643NFL - 0,01329NFL^2$	0,915546	5878,9804**

$AFL = -10747,7 - 1135,53ALT + 132,963NFL - 15,0330ALT*NFL$	0,917948	5794,7951**
$AFL = 8925,83 - 19229,4ALT + 4029,83ALT^2 + 141,684NFL - 18,3740ALT*NFL$	0,914751	5906,5878**
$AFL = -5914,89 - 5938,55ALT + 140,815NFL - 0,01181NFL^2 - 10,5252ALT*NFL$	0,915958	5864,6372**
$AFL = 12365,7 - 22749,7ALT + 3748,77ALT^2 + 148,894NFL - 0,01176NFL^2 - 13,6526ALT*NFL$	0,912533	5982,9316**
$AFL = 608505 - 504510ALT + 100195ALT^2 - 801,764NFL - 0,01572NFL^2 + 746,397ALT*NFL - 150,309ALT^2*NFL$	0,911047	6033,5479**
$AFL = 48792,0 - 31911,2ALT + 1243,08ALT^2 + 0,8829NFL + 0,08623NFL^2 + 47,4422ALT*NFL - 0,04017ALT*NFL^2$	0,909116	6098,6949**
$AFL = 617493 - 514285ALT + 102690ALT^2 - 804,959NFL - 0,02794NFL^2 + 756,041ALT*NFL - 153,713ALT^2*NFL + 0,004975ALT*NFL^2$	0,907009	6168,9861**

#### ESPAÇAMENTO 5 X 2 m

Equação	$R^2_{aj}$	$\sqrt{QME}$
$AFL = 567,752 - 2672,86ALT + 95,5835NFL$	0,790049	15250,8557**
$AFL = -122046 + 91718,6ALT - 17917,2ALT^2 + 94,9974NFL$	0,783111	15500,7774**
$AFL = -10030,3 - 14176,8ALT + 166,011NFL - 0,02765NFL^2$	0,791880	15184,1859**
$AFL = 249658 - 224269ALT + 38749,2ALT^2 + 203,728NFL - 0,04196NFL^2$	0,786329	15385,3567**
$AFL = -74701,3 + 24701,2ALT + 184,892NFL - 32,0586ALT*NFL$	0,787594	15339,7425**
$AFL = 172650 - 195363ALT + 46811,2ALT^2 + 273,031NFL - 63,1478ALT*NFL$	0,781676	15551,9870**
$AFL = 97286,2 - 70123,1ALT + 102,403NFL - 0,05811NFL^2 + 50,6803ALT*NFL$	0,785664	15409,3056**
$AFL = 232816 - 196705ALT + 29007,4ALT^2 + 165,531NFL - 0,05211NFL^2 + 22,8781ALT*NFL$	0,777691	15693,2693**
$AFL = 680407 - 545469ALT + 100260ALT^2 - 416,381NFL - 0,03168NFL^2 + 447,444ALT*NFL - 83,6713ALT^2*NFL$	0,769215	15989,6498**
$AFL = 265734 - 74394,9ALT - 12442,3ALT^2 - 616,154NFL + 0,3471NFL^2 + 271,043ALT*NFL - 0,1292ALT*NFL^2$	0,774303	15812,4065**
$AFL = -1937910 + 1933430ALT - 454987ALT^2 + 796,884NFL + 1,0279NFL^2 - 1392,95ALT*NFL + 424,035ALT^2*NFL - 0,3831ALT*NFL^2$	0,770638	15940,2635**
$AFL = -2369150 + 2191710ALT - 490241ALT^2 + 2244,41NFL + 0,02244NFL^2 - 2436,12ALT*NFL + 595,275ALT^2*NFL + 0,3164ALT*NFL^2 - 0,12005ALT^2*NFL^2$	0,760188	16299,3619**

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo Teste F, respectivamente; <sup>ns</sup>: não significativo

Para as equações apresentadas na tabela 16, apesar de apresentarem altos valores de  $R^2_{aj}$  e alta significância para os dois tratamentos, não salienta-se nenhuma delas por apresentarem valores muito altos de  $\sqrt{QME}$ .

Hair Jr et al. (2007) descrevem que quando aumenta-se uma variável independente na regressão, o valor do coeficiente de determinação aumenta, o que mascara o real resultado do mesmo.

Para todas as tabelas acima apresentadas, a significância das equações de regressão, testadas pelo teste F, aumentaram para o espaçamento 5 x 2 m comparando-se com o espaçamento 3 x 2 m.

Silvestre e Eiras-Dias (2001), observaram relações alométricas entre a área foliar e as medições lineares de comprimento e largura de *Vitis vinifera* L.,

salientaram que equações de regressão com uma função do tipo potência apresentaram coeficientes de determinação ( $R^2$ ) mais elevados e menores valores de área foliar.

## 6 CONCLUSÕES

- ▶ Comparando-se as médias entre os dois espaçamentos, há diferença estatística entre eles, com exceção de altura de planta e diâmetro de galhos;
- ▶ As variáveis apresentam correlação significativa entre si;
- ▶ Existe maior correlação entre as variáveis para o espaçamento 5 x 2 m em comparação com o espaçamento 3 x 2 m;
- ▶ Maior significância das equações para o espaçamento 5 x 2 m;
- ▶ O maior espaçamento resultou em modelos alométricos com maior potencial;
- ▶ Resultados obtidos considerados relevantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIGOR, R. D. et al. Partial purification and properties of lipase from germinating seeds of *Jatropha curcas* L. **JAOCS**, v. 79, n. 11, p. 1123-1126, 2002.
- ABREU, H. A. de et al. Crescimento aéreo e radicular de pinhão-manso sob diferentes níveis de compactação do solo. **Biodiesel**, p.144-149, 2006.
- ALEIXO, V. **Relações alométricas em *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.** Marechal Cândido Rondon, 2006. 63p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
- ALEIXO, V. et al. Relações Alométricas para *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 3, p. 329-338, jul-set. 2008.
- ARRUDA, F. P. de et al. Cultivo de Pinhão Manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Rev. Bras. Ol. Fibrós.**, Campina Grande, PB, v. 8, n. 1, p. 789-799, jan-abr. 2004.
- DELITI, W.B.C.; MEGURO, M.; PAUSAS, J.G. Biomass and mineral mass estimates in a "cerrado" ecosystem. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 29, n. 4, p. 531-540, out-dez. 2006.
- DINIZ, B.L.M.T. et al. Desbaste seletivo e população de plantas na cultura da mamoneira. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, CE, v. 40, n. 2, p. 247-255, abr./ jun. 2009.
- DRUMOND, M. A. et al. Comportamento do pinhão-manso no semi-árido brasileiro - Resultados 1<sup>o</sup> ano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AGROENERGIA, 2008, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agrárias, UNESP, out., 2008.
- FLORIANO, E. P. et al. Ajuste e seleção de modelos tradicionais para série temporal de dados de altura de árvores. **Ciência Florestal**, Santa Maria, RS, v. 16, n. 2, p. 177-199, 2006.
- FONTES, M.A.L. Padrões alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 55, p. 79-87, jun. 1999.
- GINWAL, H.S. et al. Seed source variation in morphology, germination and seedling growth of *Jatropha curcas* Linn. in Central India. **Silvae Genetica**, v. 54, n. 2, p. 76-80, 2005.
- GOIS, I. B. et al. Caracterização isoenzimática de acessos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 2., 2006, Aracaju. **Anais...** Aracaju, 2006.
- HAIR JR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. 593p.

LORENZI, H. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Ed. Plantarum, 2003. 382p.

LUCENA, A. M. A. et al. Estudo do processo de maturação da mamoneira. II: Umidade e fitomassa dos frutos e sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. **Anais...** Salvador, 2008.

MODI, M. K. et al. Lipase-mediated conversion of vegetable oils into biodiesel using ethyl acetate as acyl acceptor. **Bioresource Technology**, n. 98, p. 1260-1264, 2007.

NIKLAS, K. J. Plant allometry: is there a grand unifying theory ?. **Biol. Rev.**, n.79, p. 871-889, 2004.

OPENSHAW, K. A. review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, n. 19, p. 1-15, 2000.

PORTELA, R.C.Q.; SANTOS, F.A.M. Alometria de plântulas e jovens de espécies arbóreas: copa X altura. **Biota Neotropica**, v.3, n.2, 2003. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v3n2/pt/abstract?article+BN00503022003>>. Acesso em: 26 maio 2009.

RODRIGUES, W. C. **Estatística aplicada**. 6.ed. rev. e ampli. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2008. 56p. (Apostila para disciplina Estatística Aplicada, da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro).

SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1. Viçosa, MG: UFV: Fundação Arthur Bernardes, 2007.

SEVERINO, L. S. et al. **Viagem à Índia para prospecção de tecnologias sobre mamona e pinhão manso**. Paraíba: Embrapa Algodão, 2006. 56p. (Documentos, 153)

SILVA, M.I. de L. **Acúmulo de fitomassa e componentes de produção da mamoneira em função de desfolhamento e adubação nitrogenada**. Areia, PB, 2008. 58p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba.

SILVESTRE, J.; EIRAS-DIAS, J. E. Relações alométricas entre a área foliar e medições lineares em folhas de *Vitis vinifera* L. **Ciência Tec. Vitiv.**, v.16, n.1, p. 35-42, 2001.

SOUZA, A. dos S. et al. Épocas de plantio e manejo da irrigação para a mamoneira. I – Componentes de produção. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 4, p. 414-421, out.-dez. 2007.

SUERDIECK, S.S. Políticas públicas de fomento ao biodiesel na Bahia e no Brasil: impactos socioeconômicos e ambientais com a regulamentação recente. **Bahia Análise & Dados**, Salvador,BA, v. 16, n. 1, p. 66-77, jun. 2006.

TANURE, L. P. P. et al. Avaliação do crescimento de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) a diferentes níveis de saturação por bases. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 32., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado, 2007.

UNGARO, M. R. G. et al. Espaçamento e poda na cultura do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS OLEAGINOSAS, 4., 2007, Varginha. **Anais...** Varginha, 2007.

VALE, F.X.R. do; FERNADES FILHO, E.I.; LIBERATO, J.R. **Softawe QUANT Version 1.0.1.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, abr. 2003.

VEGA, F.V.A. et al. Relações alométricas para estimativa da fitomassa aérea em pupunheira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 104-108, jan./mar. 2004.