

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

NICOLE GERALDINE DE PAULA MARQUES WITT

USO DE PACLOBUTRAZOL NO CRESCIMENTO E FLORESCIMENTO DE MUDAS  
DE PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.)

CURITIBA

2015

NICOLE GERALDINE DE PAULA MARQUES WITT

USO DE PACLOBUTRAZOL NO CRESCIMENTO E FLORESCIMENTO DE MUDAS  
DE PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, Departamento de Fitotecnia e Fitossanitarismo, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dra. Katia Christina Zuffellato-Ribas

Co-orientadores: Prof. Dr. Henrique Soares Koehler  
Dr. Ivar Wendling

CURITIBA

2015

Witt, Nicole Geraldine de Paula Marques  
Uso de paclobutrazol no crescimento e florescimento de mudas de  
pinhão-mansô (*Jatropha curcas L.*). - Curitiba, 2015.  
104f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de  
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.  
Orientadora: Profa. Dra. Katia Christina Zuffellato-Ribas  
Coorientador: Prof. Dr. Ivar Wendling  
Coorientador: Prof. Dr. Henrique Soares Koehler

1. Euphorbiaceae. 2. Pinhão-mansô - cultivo. 3. Produção vegetal.  
I. Zuffellato-Ribas, Katia Christina. II. Wendling, Ivar. III. Koehler, Henrique  
Soares. IV. Título V. Universidade Federal do Paraná.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGRONOMIA - PRODUÇÃO VEGETAL




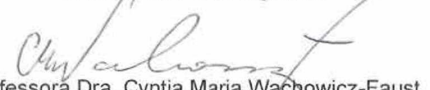
## PARECER


Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO, apresentada pela candidata **NICOLE GERALDINE DE PAULA MARQUES WITT**, sob o título “**USO DE PACLOBUTRAZOL NO CRESCIMENTO E FLORESCIMENTO DE PINHÃO-MANSO (*Jatropha curcas* L.)**”, para obtenção do grau de Mestre em Ciências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.


Após haver analisado o referido trabalho e argüido a candidata são de parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Dissertação.


Curitiba, 20 de Julho de 2015.

  
Professor Dr. Cícero Deschamps  
Coordenador do Programa

  
Professora Dra. Cyntia Maria Wachowicz-Faust  
Primeira Examinadora

  
Dr. Ivar Wendling  
Segundo Examinador

  
Professora Dra. Yohana de Oliveira-Cauduro  
Terceira Examinadora

  
Professora Dra. Katia Christina Zuffellato-Ribas  
Presidente da Banca e Orientadora

*“Uma obra científica não pode criar uma ruptura que anule o caminho que a tornou possível, e, portanto, ela está ao mesmo tempo voltada para o passado de que é herdeira e para o futuro que ela propõe”*

*Ilya Prigogine*

## AGRADECIMENTOS

A vida é feita de escolhas e caminhos a serem perseguidos, os quais, na ausência de pessoas se tornam apenas estradas, por isso gostaria de agradecer com muito carinho e respeito a todos aqueles que tornaram esse caminho possível. A começar pela idealizadora, minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dra. Katia Zuffellato, pois sem os seus esforços com certeza essa escrita não estaria aqui. Em conjunto, agradeço de coração aos co-orientadores Dr. Ivar Wendling por ter me auxiliado durante o experimento e, a quem encontrou a melhor maneira de análise dos dados, Prof<sup>o</sup> Dr. Henrique Soares Koehler;

Aos amigos que fiz na Embrapa, que participaram dos dias quentes e frios durante todo o experimento, que estiveram sempre atentos “às meninas” da estufa que cresceram, pararam de crescer e decolaram com seus ramos alcançando e rompendo o teto da chamada “casa de madeira”. Com carinho e respeito agradeço ao Vero, Joel (meus braços no trabalho pesado), Nide (o guardião da temperatura) e ao Décio pelas ajudas e conversas quando as dúvidas surgiam. Sem vocês o experimento não poderia ter sido instalado e muito menos conduzido;

Agradeço a Helena Rickli, por ter me ajudado a aplicar o PBZ e a descobrir o quanto deste deveria ir por planta e, também, estar sempre disposta a conversar e tentar entender o que de fato estava ocorrendo ali;

Aos queridos colegas do GEPE por serem um time e à Embrapa pelo apoio logístico concedido a esta pesquisa;

Um muito obrigada aos colegas e supervisores do Colégio Medianeira por terem compreendido esse momento;

À Professora Yohana Cauduro por ter aceitado fazer parte da banca e ter contribuído de maneira crucial para a versão final e artigo;

Por fim, um agradecimento com gostinho especial àqueles que fizeram parte dos maus humores e da minha falta de tempo: à minha mãe querida e amiga, Lília Maria, aos meus irmãos Cristiano, Ninon e Belmiro. E, às sempre amigas Anninha e Lila, que cada uma com seu jeitinho, tornaram o processo possível.

## RESUMO

*Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) conhecida como pinhão-mansão, é uma planta arbustiva, caducifolia, perene e de crescimento rápido, que pode atingir de três a cinco metros de altura. É considerada uma espécie potencial para a produção de biodiesel devido às suas sementes apresentarem elevada quantidade de óleo. Ainda em processo de domesticação, um dos entraves para seu cultivo está na produtividade e colheita, pois apresenta elevado número de flores masculinas e desuniformidade na maturação dos frutos, o que dificulta e encarece o sistema produtivo. Uma vez selecionados clones com boa produção de óleo, boa germinação e vigor no crescimento a campo, faz-se necessária a antecipação do florescimento e uniformização da produção comercial da espécie. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a influência do regulador vegetal paclobutrazol (PBZ) no crescimento e florescimento de plantas de pinhão-mansão. Para isso, foi aplicado o inibidor da biossíntese das giberelinas, paclobutrazol (PBZ), em diferentes concentrações (0g i.a.; 0,25g i.a.; 0,5g i.a. 1,0g i.a.) aos 90 e 180 dias após a germinação de sementes dos clones 167 e 190, oriundos do Banco de Germoplasma da Embrapa Agroenergia (Brasília-DF). A semeadura foi realizada em tubetes de 180 cm<sup>3</sup> contendo terra de subsolo e casca de arroz carbonizada na proporção de 1:1. Aos 55 dias após a germinação, as mudas foram transplantadas para vasos de 5,5L utilizando-se como substrato terra de subsolo e vermiculita na proporção 2:1 com adubação de base. O experimento foi conduzido em estufa sem controle de temperatura e com irrigação para manter a capacidade de campo do substrato, na Embrapa Florestas (Colombo-PR). A primeira análise de crescimento e desenvolvimento foi realizada aos 89 dias após a semeadura (DAS). Aos 90 DAS foi realizada a primeira aplicação de PBZ. Aos 180 DAS, metade das mudas receberam uma segunda aplicação de PBZ nas mesmas concentrações. As avaliações foram realizadas quinzenalmente considerando-se as variáveis: altura do caule, diâmetro caulinar, número de folhas, número de brotações, número de entrenós, comprimento médio dos entrenós por planta e a cada 30 dias a área foliar das duas folhas mais jovens. O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema de fatorial 3x2 (3 concentrações de PBZ – 0,25g; 0,50g; 1,00g de i.a. e 2 frequências de aplicação). Somente a última avaliação foi utilizada para análise estatística aos 465 DAS. A interação significativa entre os tratamentos ocorreu apenas para a variável número de folhas e somente para o genótipo 167. Todos os tratamentos, as diferentes concentrações de PBZ e as duas frequências de aplicação, provocaram redução em todas as variáveis analisadas, sendo recomendada a concentração de 0,25g i.a. com apenas uma aplicação para reduzir o crescimento vegetativo de plantas de pinhão-mansão. A aplicação de PBZ não antecipou o florescimento da espécie.

Palavras-chave: Euphorbiaceae, PBZ, floração, desenvolvimento.

## ABSTRACT

*Jatropha curcas* L. (Euphorbiaceae) known as physic nut, is a shrubby plant, deciduous, perennial and fast-growing, which height can reach from three to five meters. It is considered a potential species for biodiesel due to the high quantity of oil in its seeds. Still in domestication process, one of the obstacles to its cultivation is in the productivity and harvest, because it presents a high number of male flowers and the lack of uniformity in its fruits maturation, which makes the productive system tough and expensive. Once selected the clones related to bigger oil production, good germination and vigorous growth, it is necessary the anticipation of the flowering and the uniformity of the species to the commercial production. Therefore in the present work the biosynthesis inhibitor of the gibberellins - paclobutrazol (PBZ) - was applied in different concentrations (0g i.a.; 0,25g i.a.; 0,5g i.a. 1,0g i.a.) at the 90th and 180th days after the seeds germination from clones 167 and 190, originating from the Germplasm Bank of Embrapa Agroenergia (Brasilia - DF). The sowing was made in 180cm<sup>3</sup> tubes containing vermiculite and carbonized rice shell in 1:1 proportion. At the 55th day after germination, the seedlings were transplanted to 5,5L vessels using as substratum: black land and vermiculite in 2:1 proportion with base fertilization. The experiment was conducted in a greenhouse without temperature control and with irrigation to keep the substratum field capacity, at Embrapa Florestas (Colombo-PR). The first growth and development analysis were made 89 days after sowing (DAS). At the 90th day (DAS) the first PBZ application was made. At the 180th day half of the seedlings received a second application of PBZ in the same concentration as before. The evaluation were made fortnightly considering the following variables: height, diameter, number of leafs, number of sprouts, number of internodes, average length of internodes per plant and, each 30 days, the leaf area of the two youngest leafs. The delineation was entirely randomized in a factorial scheme 3x2 (3 PBZ concentrations – 0,25g; 0,50g; 1,00g x 2 application frequency). Only the last evaluation was used for the statistical analysis at 465 (DAS). The significant interaction between the treatments happened only to the number of leafs variable, and only to the 167 genotype. The PBZ application did not anticipated the flowering of the species, however, caused vegetative growth reduction for both genotypes.

Palavras-chave: Euphorbiaceae, PBZ, flowering, development.



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	Composição do substrato utilizado para o plantio das mudas de pinhão-manso.....	41
TABELA 2.	Dados de coletas dos dados a cada quinze dias. ....	43
TABELA 3.	Análise de variância (teste F) para o crescimento em altura das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações.....	50
TABELA 4.	Análise de variância (teste F) para o crescimento em diâmetro das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações. ....	55
TABELA 5.	Análise de variância (teste F) para o número de entrenós das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações. ....	61
TABELA 6.	Análise de variância (teste F) para o comprimento de entrenós das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações. ....	66
TABELA 7.	Análise de variância (teste F) para o número de folhas das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ com uma ou duas aplicações.....	72
TABELA 8.	Análise de variância (teste F) para o número de brotações das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações.....	79

TABELA 9. Análise de variância (teste F) para a área foliar das plantas de pinhão-manso, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ aos 45 DAP.....	83
--	----

## LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. *Jatropha curcas* L.: A. Inflorescência. B. Flor masculina, C. Flor feminina. D. Maturação descontínua dos frutos. Fonte: o autor (2015).. 24
- FIGURA 2. Representação da estrutura química do paclobutrazol ([[(2RS-3RS) - 1-(4-clorofenil) 4,4-dimetil-2-(1,2,4-triazol-1-y)-pentan-3-ol]]). Fonte: RADEMACHER (2000)..... 35
- FIGURA 3. Condução do experimento. A. Estufa de madeira. B. Aspersores. C. Mudanças de pinhão-mansão aos 56 dias após a germinação (DAS) (dia do transplante para os vasos de 5,5 L) (data: 26 de dezembro, 2013). D. Mudanças de pinhão-mansão aos 100 DAS e 10 dias após a 1ª aplicação do PBZ (data: 10 de fevereiro, 2014). E. Mudanças de pinhão-mansão aos 210 DAS (data: 01 de junho, 2014). F. Mudanças de pinhão-mansão aos 300 DAS (data: 01 de setembro, 2014). Fonte: o autor (2015)..... 39
- FIGURA 4. Média das temperaturas mínimas e máximas mensais ocorridas dentro da estufa, durante os meses de janeiro de 2014 a janeiro de 2015. Médias anuais de 15,1 e 34,6°C. \* 18°C, limitante para o pinhão-mansão. Fonte: o autor (2015)..... 40
- FIGURA 5. Resultados do teste de comparação de médias para o crescimento em altura das plantas de pinhão-mansão em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações. A. Genótipo 167: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). B. Genótipo 190: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). C. Genótipo 167: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação). D. Genótipo 190: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação)..... 51

- FIGURA 6. Eixo vertical principal: média das alturas (cm) das plantas de pinhão-mansão a cada 30 dias durante a condução do experimento (30/01/2014 a 26/01/2015) para os tratamentos T1 (sem PBZ), T2 (0,25g i.a.), T3 (0,50g i.a.) e T4 (1,00g i.a.) com única aplicação de PBZ e T5 (0,25g i.a.), T6 (0,50g i.a.) e T7 (1,00g i.a.) com dupla aplicação de PBZ. Eixo vertical secundário: média mensal das temperaturas mínimas e máximas. A. Genótipo 167 com todos os tratamentos. B. Genótipo 190 com todos os tratamentos. 1ª aplicação de PBZ: 31/01/2014; 2ª aplicação: 01/05/2014..... 54
- FIGURA 7. Resultados do teste de comparação de médias para o crescimento em diâmetro das plantas de pinhão-mansão em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações. A. Genótipo 167: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). B. Genótipo 190: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). C. Genótipo 167: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação). D. Genótipo 190: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação)..... 56
- FIGURA 8. Eixo vertical principal: média dos diâmetros (mm) das plantas de pinhão-mansão a cada 30 dias durante a condução do experimento (30/01/2014 a 26/01/2015) para os tratamentos T1 (sem PBZ), T2 (0,25g i.a.), T3 (0,50g i.a.) e T4 (1,00g i.a.) com única aplicação de PBZ e T5 (0,25g i.a.), T6 (0,50g i.a.) e T7 (1,00g i.a.) com dupla aplicação de PBZ. Eixo vertical secundário: média mensal das temperaturas mínimas e máximas. A. Genótipo 167 com todos os tratamentos. B. Genótipo 190 com todos os tratamentos. 1ª aplicação de PBZ: 31/01/2014; 2ª aplicação: 01/05/2014..... 60

- FIGURA 9. Resultados do teste de comparação de médias para o número de entrenós das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações. A. Genótipo 167: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). B. Genótipo 190: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). C. Genótipo 167: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação). D. Genótipo 190: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação)..... 62
- FIGURA 10. Eixo vertical principal: média do número de entrenós das plantas de pinhão-manso a cada 30 dias durante a condução do experimento (30/01/2014 a 26/01/2015) para os tratamentos T1 (sem PBZ), T2 (0,25g i.a.), T3 (0,50g i.a.) e T4 (1,00g i.a.) com única aplicação de PBZ e T5 (0,25g i.a.), T6 (0,50g i.a.) e T7 (1,00g i.a.) com dupla aplicação de PBZ. Eixo vertical secundário: média mensal das temperaturas mínimas e máximas. A. Genótipo 167 com todos os tratamentos. B. Genótipo 190 com todos os tratamentos. 1ª aplicação de PBZ: 31/01/2014; 2ª aplicação: 01/05/2014..... 65
- FIGURA 11. Resultados do teste de comparação de médias para o comprimento médio dos entrenós das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações. A. Genótipo 167: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). B. Genótipo 190: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). C. Genótipo 167: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação). D. Genótipo 190: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação). ..... 67

- FIGURA 12. Plantas de pinhão-manso com aplicação de PBZ (A e B) e sem aplicação (C e D). A: adensamento das folhas na região apical e redução do comprimento do pecíolo das folhas. B: redução do comprimento dos entrenós. Plantas sem aplicação de PBZ. C: arquitetura da planta com os longos pecíolos. D: comprimento dos entrenós sem aplicação do PBZ. Fonte: o autor (2015)..... 69
- FIGURA 13. Eixo vertical principal: média do comprimento médio dos entrenós das plantas de pinhão-manso a cada 30 dias durante a condução do experimento (30/01/2014 a 26/01/2015) para os tratamentos T1 (sem PBZ), T2 (0,25g i.a.), T3 (0,50g i.a.) e T4 (1,00g i.a.) com única aplicação de PBZ e T5 (0,25g i.a.), T6 (0,50g i.a.) e T7 (1,00g i.a.) com dupla aplicação de PBZ. Eixo vertical secundário: média mensal das temperaturas mínimas e máximas. A. Genótipo 167 com todos os tratamentos. B. Genótipo 190 com todos os tratamentos. 1ª aplicação de PBZ: 31/01/2014; 2ª aplicação: 01/05/2014..... 70
- FIGURA 14. Resultados do teste de comparação de médias para o número de folhas das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipo 167) tratadas com diferentes concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.) com uma ou duas aplicações. .... 72
- FIGURA 15. Resultados do teste de comparação de médias para o número de folhas das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipo 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações. A. Médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). B. Médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação)..... 73

- FIGURA 16. Eixo vertical principal: média do número de folhas das plantas de pinhão-manso a cada 30 dias durante a condução do experimento (30/01/2014 a 26/01/2015) para os tratamentos T1 (sem PBZ), T2 (0,25g i.a.), T3 (0,50g i.a.) e T4 (1,00g i.a.) com única aplicação de PBZ e T5 (0,25g i.a.), T6 (0,50g i.a.) e T7 (1,00g i.a.) com dupla aplicação de PBZ. Eixo vertical secundário: média mensal das temperaturas mínimas e máximas. A. Genótipo 167 com todos os tratamentos. B. Genótipo 190 com todos os tratamentos. 1ª aplicação de PBZ: 31/01/2014; 2ª aplicação: 01/05/2014. \* Indica o período de abscisão foliar para as plantas e o início da rebrota..... 74
- FIGURA 17. Plantas de pinhão-manso da esquerda para a direita: T1 (sem PBZ), T2 (0,25g i.a.), T3 (0,50g i.a.) e T4 (1,00g i.a.) com única aplicação de PBZ e T5 (0,25g i.a.), T6 (0,50g i.a.) e T7 (1,00g i.a.) com dupla aplicação de PBZ. A e B: genótipo 167 (240 DAS e 430 DAS); C e D: genótipo 190 (240 DAS e 430 DAS). Fonte: o autor (2015)..... 75
- FIGURA 18. Resultados do teste de comparação de médias para o número de brotações das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipo 167) tratadas com diferentes concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.) com uma ou duas aplicações..... 79
- FIGURA 19. Resultados do teste de comparação de médias para o número de brotações das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipo 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações. A. Médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). B. Médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação).. 80

- FIGURA 20. Eixo vertical principal: média do número de brotações das plantas de pinhão-manso a cada 30 dias durante a condução do experimento (30/01/2014 a 26/01/2015) para os tratamentos T1 (sem PBZ), T2 (0,25g i.a.), T3 (0,50g i.a.) e T4 (1,00g i.a.) com única aplicação de PBZ e T5 (0,25g i.a.), T6 (0,50g i.a.) e T7 (1,00g i.a.) com dupla aplicação de PBZ. Eixo vertical secundário: média mensal das temperaturas mínimas e máximas. A. Genótipo 167 com todos os tratamentos. B. Genótipo 190 com todos os tratamentos. 1ª aplicação de PBZ: 31/01/2014; 2ª aplicação: 01/05/2014..... 82
- FIGURA 21. Médias dos resultados da área foliar (cm<sup>2</sup>) das plantas de pinhão-manso, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ aos 45 DAP. A. Genótipo 167. B. Genótipo 190. .... 84
- FIGURA 22. Coloração das folhas de pinhão-manso. A e B sem aplicação de PBZ. A: coloração verde mais clara características de folhas novas; B: coloração arroxeadada presente nas folhas em desenvolvimento. C e D com aplicação de PBZ. C: com duas aplicações de 1,0g i.a. de PBZ, folhas com coloração verde escura característica; D: com uma aplicação de 0,50g i.a. de PBZ sem coloração arroxeadada. Fonte: o autor (2015)..... 85



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>AF</b>	Área foliar
<b>AP</b>	Altura das plantas
<b>DAP</b>	Dias após a aplicação de PBZ
<b>DAS</b>	Dias após a semeadura
<b>DAT</b>	Dias após o transplântio
<b>DC</b>	Diâmetro caulinar
<b>CMENT</b>	Comprimento médio dos entrenós
<b>NENTR</b>	Número dos entrenós
<b>NB</b>	Número de brotações
<b>NF</b>	Número de folhas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	19
	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	21
2.1	Características do biodiesel.....	21
2.2	Caracterização botânica de <i>Jatropha curcas</i> L. ....	23
2.3	Importância econômica e potencial agrônomo .....	25
2.4	Propagação da espécie .....	27
2.5	Cultura do pinhão-manso.....	28
2.6	Floração .....	31
2.7	Reguladores vegetais .....	32
2.7.1	Reguladores vegetais em pinhão-manso .....	35
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	38
3.1	Semeadura e transplantio .....	38
3.2	Aplicação de paclobutrazol .....	41
3.3	Delineamento experimental e variáveis analisadas .....	42
3.4	Análises estatísticas.....	43
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	46
4.1	Floração .....	46
4.2	Altura .....	49
4.3	Diâmetro .....	55
4.4	Número de entrenós .....	61
4.5	Comprimento dos entrenós .....	66
4.6	Número de folhas.....	71
4.7	Número de brotações .....	78
4.8	Área foliar .....	83
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	87
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	88
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	91

## 1 INTRODUÇÃO

O clima mundial está sofrendo mudanças provocadas pela intensa e crescente emissão de gases poluentes na atmosfera, dentre eles o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o que se deve, principalmente, ao crescente consumo de combustíveis fósseis como o carvão mineral, o gás natural e o petróleo (MONTEIRO, 2007). Tais fontes de carbono no ano 2000 compunham 80% da matriz energética mundial, sendo 36% compostas de petróleo. No Brasil, a participação dessa *commodity* até o mesmo ano era ainda maior, na ordem de 43%, sendo o setor de transportes o maior consumidor (BRASIL, 2005).

Associadas ao consumo, a poluição atmosférica, a concentração geográfica das jazidas, sua finitude e a volatilidade do preço do petróleo, atuam como forças motrizes de guerras geopolíticas e de crises como a chamada “crise do petróleo” na década de 70. Situações estas, que forçam governos e indústrias a buscar fontes energéticas alternativas já desde décadas passadas (SILVA; FREITAS, 2008). Desta forma, cada vez mais consolida-se a necessidade de um combustível alternativo que reduza o consumo e a dependência que as sociedades atuais têm do petróleo e que ao mesmo tempo seja renovável e menos poluente.

Dentre as principais alternativas pode-se citar o biodiesel, definido pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM) como um combustível líquido sintético, proveniente de matérias-primas renováveis (óleos vegetais e gordura animal) (DEMIRBAS, 2005) e que, de acordo com a legislação brasileira, possa substituir parcial ou totalmente os combustíveis fósseis, principalmente no setor automobilístico (BRASIL, 2005).

Nesse contexto, o Governo Federal, em 2004, lançou o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), na expectativa de que o potencial do país ao cultivo de espécies oleaginosas atenda a demanda por combustíveis de fontes renováveis, gerando empregos e renda na agricultura familiar e contribuindo para sua economia (BRASIL, 2005).

Com a iniciativa do Programa Brasileiro de Biodiesel, novas espécies de oleaginosas vêm sendo inseridas como fonte de matéria-prima para biocombustível, dentre elas, o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) tem sido considerada espécie promissora, devido à sua rusticidade, resistência à seca e alta produtividade de óleo com baixo custo de produção (CARNIELLI, 2003; SATURNINO et al., 2005).

No entanto, a espécie encontra-se ainda em processo de domesticação, sendo necessária a ampliação de seus estudos (SATURNINO et al., 2005; SATO et al., 2009). Uma das carências sentidas nas áreas de produção é a descontinuidade na floração e maturação de frutos, dificultando e encarecendo o processo de colheita (RAMOS, 2011). Em conjunto, a espécie apresenta elevado crescimento de ramos e folhas, o que pode acabar por deslocar a energia obtida para o crescimento vegetativo em detrimento aos grãos (GHOSH et al., 2010).

A aplicação de reguladores vegetais e outros produtos químicos indutores de florescimento têm se mostrado eficientes na uniformização do florescimento em muitas culturas, na antecipação da floração e aumento do número de flores femininas (XIA, 2004; GOUVEIA et al., 2012), com efeitos na redução do crescimento vegetativo (BLANK et al., 2009; GHOSH et al., 2010; PIRES, 2012). No entanto, ainda se faz necessário determinar para cada espécie qual é o regulador mais efetivo, quais concentrações e qual a frequência das aplicações.

Dentre os vários produtos que atuam na indução floral, frutificação e maturação dos frutos, pode-se citar os inibidores da biossíntese de giberelina, como o paclobutrazol (PBZ). Este inibidor atua na redução do crescimento vegetativo e promoção do direcionamento da energia da planta para o processo reprodutivo (RODRIGUES; LEITE, 2004), podendo atuar na diferenciação floral e na indução do florescimento (GHOSH et al., 2010).

Para o pinhão-manso pesquisas com o uso de diferentes reguladores vegetais, dentre eles o PBZ, já vêm apresentando importantes resultados quanto às alterações no ciclo reprodutivo e vegetativo da espécie, porém concentrando-se em plantios realizados a campo e com plantas adultas.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi estudar a influência da aplicação do regulador vegetal paclobutrazol (PBZ) no crescimento e floração de mudas de pinhão-manso oriundas de sementes provenientes de dois genótipos distintos, abordando aspectos morfológicos do crescimento vegetativo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Características do biodiesel

Em busca por novas matrizes energéticas, está havendo intensificação das pesquisas sobre os biocombustíveis e dentre eles, o biodiesel apresenta-se como uma possibilidade de combustível renovável e menos poluente. O biodiesel é definido pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM) como um combustível líquido sintético, proveniente de matérias-primas renováveis (óleos vegetais e gordura animal) e constituído por uma mistura de ésteres alquílicos de ácidos graxos de cadeia longa, sendo o nome biodiesel dado à variedade de combustíveis oxigenados à base de ésteres derivados de fontes biológicas renováveis (DEMIRBAS, 2005) como os óleos vegetais “puros”, os já utilizados, como o próprio óleo de cozinha, ou àqueles provenientes de gorduras animais (SILVA; FREITAS, 2008; MACHADO, 2010).

No Brasil, esse combustível é definido pela Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005 como, “combustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para a geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil” e que tem sua produção incentivada e respaldada pelo Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) (BRASIL, 2005). Regulamentado pela mesma lei, há no Brasil, desde 2010, a obrigatoriedade da mistura de 5% de biodiesel ao diesel, o que oportunizou a utilização de espécies vegetais com potencial para produção de óleo e a alavancagem das oleaginosas nas pesquisas e produção com a demanda de matéria prima surgida (ANP, 2011). No ano de 2014 foi iniciada a venda do diesel B7, com adição de 7% de biodiesel, o que persiste em 2015 com projeções de aumento para o ano de 2016 (ANP, 2015).

Além da viabilidade como combustível alternativo ao petróleo, o biodiesel apresenta como vantagens a redução da emissão de gases poluentes, tais como dióxido de enxofre, fuligem, monóxido de carbono e hidrocarbonetos (BARNWALL; SHARMA, 2005, DEMIRBAS, 2005, BASHA et al., 2009). Pode ser considerado como neutro em relação às emissões de carbono (FERELLA et al. 2010), é atóxico e biodegradável em água doce tal como no solo (SHARMA et al., 2008) e proveniente de fontes totalmente renováveis (MIRANDA, 2011). Além de ser um importante meio de

criação de empregos e de servir como uma alternativa rentável para a agricultura familiar (DEMIRBAS, 2005).

Porém, o que ainda impede o seu uso em grande escala é o custo da produção, pois o óleo vegetal ainda é mais caro em relação ao diesel obtido de fontes fósseis, sendo que de 60-80% do custo é associado à matéria-prima, e isso depende do estoque-base, da variabilidade da safra, de estação a estação, da área geográfica, da espécie em questão, dentre outros fatores (MIRANDA, 2011). Além do custo, a utilização de óleos vegetais comestíveis, considerados nobres como de girassol, canola ou mesmo da soja, gera objeção de várias organizações, fazendo com que o biodiesel possa competir por recursos com a indústria alimentícia (SILVA; FREITAS, 2008), como foi e ainda é o caso do etanol.

No Brasil e no mundo, diversas espécies vegetais já vêm sendo utilizadas para extração do óleo vegetal. Para algumas, já há domínio tecnológico e cultivares selecionadas, como é o caso do amendoim (*Arachis hypogae*), algodão (*Gossypium hirsutum*), mamona (*Ricinus communis*), soja (*Glycine max*), girassol (*Helianthus annuus*), gergelim (*Sesamum indicum*), canola (*Brassica napus*) e dendê (*Elaeis guineenses*) (MACHADO, 2010). Por outro lado, o uso de sementes oleaginosas tradicionais, tais como as citadas anteriormente, para manter a produção de biodiesel, demandariam grandes áreas devido à baixa produtividade e à competição com os setores de exportação e alimentício, fazendo-se necessária a busca constante por novas espécies e melhoria na tecnologia de produção (MIRANDA, 2011).

Considerando-se os pontos de discussão atuais em relação à produção de biodiesel, a disponibilidade e a sustentabilidade de matérias-primas mais baratas, a ausência de competição com usos alimentares e a possibilidade de produção em áreas improdutivas, compõe fatores determinantes para a produção de um biodiesel competitivo para o abastecimento de postos comerciais (MIRANDA, 2011). Uma espécie recentemente inserida neste grupo e que atende a essas exigências é o pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), o qual além de não ser apropriado para o consumo humano é resistente à seca e apresenta alto teor de óleo em suas sementes (MORAIS, 2010) com características físico-químicas compatíveis com a Resolução 42 da Agência Nacional de Petróleo (ANP) (ARAÚJO et al., 2008).

## 2.2 Caracterização botânica de *Jatropha curcas* L.

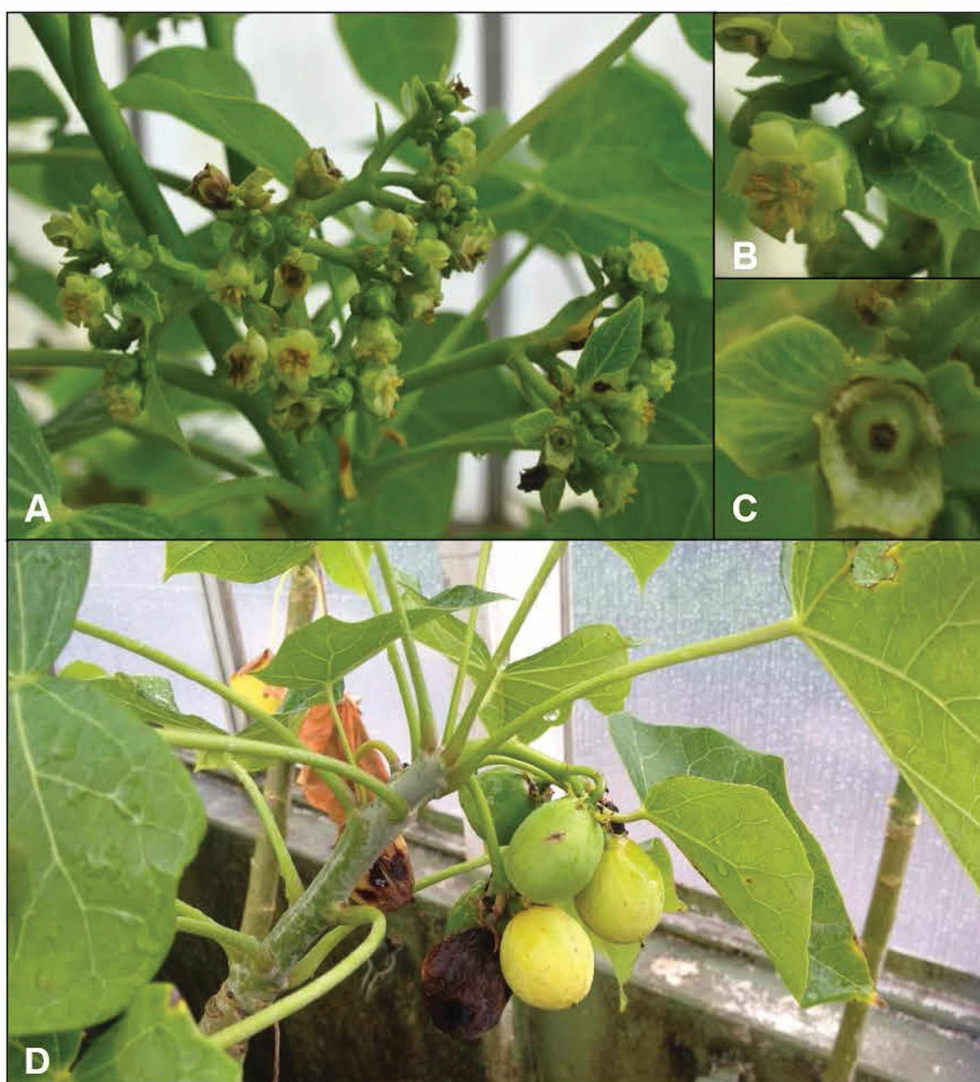
O gênero *Jatropha* pertence ao grupo *Joannesieae*, família Euphorbiaceae e contém aproximadamente 170 espécies conhecidas. Linnaeus (1753) foi o primeiro a identificar o pinhão-manso *Jatropha* L. na “*Species Plantarum*”, com o nome do gênero *Jatropha* derivado do grego *jatrós* (médico) e *trophé* (alimento), implicando em uma origem medicinal para o seu uso (KUMAR; SHARMA, 2008).

O pinhão-manso é uma pequena árvore ou um grande arbusto, perene, que pode atingir altura entre três a cinco metros, mas sob condições favoráveis pode chegar a 8-10 metros. Nativa das Américas, mas sem definição exata do local de origem, ocorre espontaneamente em quase todo o território brasileiro e, em menor escala, nas regiões mais frias (DIVAKARA et al., 2010). O diâmetro do tronco é de aproximadamente 20 cm; possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, dividido desde a base, em compridos ramos com numerosas cicatrizes produzidas pela queda das folhas na estação seca ou de baixas temperaturas (ARRUDA et al., 2004; SATURNINO et al., 2005).

Definida como uma planta caducifólia, suas folhas caem em parte ou totalmente quando termina a estação chuvosa ou durante a estação fria, quando a planta entra em período de repouso que dura até o começo da primavera ou da estação chuvosa (SATURNINO et al., 2005). O término do repouso vegetativo é demonstrado pelo rápido surgimento dos brotos no ápice dos galhos do ano. Na mesma ocasião do surgimento dos brotos, surgem também as inflorescências (ARRUDA et al., 2004; SANTOS et al., 2010). No entanto, para Henning (2009) não só a temperatura e a disponibilidade de água, mas também o fotoperíodo atuam na fenologia da espécie; contudo, nem todas as plantas respondem aos mesmos estímulos, podendo haver desuniformidade na área de plantio.

A floração da espécie é do tipo monóica e díclina, apresentando-se na mesma planta, mas com sexos separados, flores femininas e masculinas (Figura 1), sendo as flores femininas maiores do que as masculinas; no entanto, em pequenas quantidades, há também registros de flores hermafroditas (KAUR et al., 2011). A razão entre flores masculinas e femininas é, em média, de 29:1 (SATURNINO et al., 2005) e, por consequência, leva a um número de sementes aquém do esperado (GHOSH et al., 2010).

De acordo com Dias et al. (2007), a floração é descontínua e a abertura das flores femininas ocorre em dias variados; a medida que uma flor abre, as outras se abrem diariamente durante cerca de 11 dias consecutivos, o que resulta na mesma floração, em frutos em estádios diferentes de maturação (Figura 1). A polinização é entomófila, realizada por abelhas, trips e moscas. Da formação do botão floral ao fruto maduro são necessários em média 120 dias (SANTOS et al., 2010; FERNANDES et al., 2013). A espécie pode apresentar duas florações por ano, uma na estação seca e outra na estação chuvosa (SANTOS et al., 2010; KAUR et al., 2011), ou ainda, quando em regiões quentes e permanentemente úmidas, a floração pode ser contínua durante todo o ano (HELLER, 1996).



**FIGURA 1.** *Jatropha curcas* L.: A. Inflorescência. B. Flor masculina, C. Flor feminina. D. Maturação descontínua dos frutos. Fonte: o autor (2015).



O fruto é classificado como capsular ovoide de diâmetro entre 1,5-3 cm (ARRUDA et al., 2004) e entre 2-2,5 cm com peso de 2,9g (SATURNINO et al., 2005). Santos et al. (2010) encontraram peso médio de 3g para os frutos de pinhão-mansoso que se apresentaram como secos deiscientes e Nunes et al. (2007) descrevem os frutos maduros com epicarpo de coloração marrom-escuro e quando secos de coloração preta.

O início da produção do pinhão-mansoso se dá por volta do décimo mês após o plantio, no entanto, a produtividade atinge a plenitude no terceiro ou quarto ano, mantendo-se viável até aproximadamente os 40 anos (ARRUDA et al., 2004). Apesar destas projeções sobre a idade fisiológica da espécie, têm-se percebido que o ciclo reprodutivo do pinhão-mansoso apresenta forte dependência das características ambientais, as quais também irão determinar a produtividade da lavoura (MAES et al., 2009).

### **2.3 Importância econômica e potencial agrônômico**

Considerada uma espécie oleaginosa apropriada ao cultivo, principalmente em regiões áridas e semiáridas, devido sua rusticidade e resistência às condições adversas de clima e solo, o pinhão-mansoso pode ser cultivado em grande parte do território nacional (ARRUDA et al., 2004; SEVERINO et al., 2007b), sendo uma importante alternativa para o sertão brasileiro. O fator mais limitante para a espécie provavelmente seja as baixas temperaturas, o que dificulta seu estabelecimento em áreas subtropicais ou mesmo temperadas (ARRUDA et al., 2004).

Por mais que a cultura venha sendo indicada para áreas com pouca disponibilidade de água, alguns autores apontam queda na produtividade quando há déficit hídrico (SATO et al., 2009). Em contrapartida, respostas positivas ao uso da irrigação foram encontradas por Openshaw (2000).

Quanto à disponibilidade de nutrientes, apesar da recomendação de plantio em áreas com restrição nutricional (HELLER, 1996; HENNING, 2000), há autores que indicam para cultivos comerciais e alta produtividade de frutos, a utilização de fertilizantes, havendo grande demanda pelo fósforo, nitrogênio e potássio,

principalmente durante a fase reprodutiva (OPENSHAW, 2000; LAVIOLA; DIAS, 2008) e segundo Silva et al. (2009) a ordem de limitação encontrada seria de  $Ca > Mg > K > N > P > S$  para os macronutrientes, sendo a carência destes observável nas folhas.

O interesse majoritário pela espécie é para a produção de biodiesel, devido suas sementes apresentarem alto teor de lipídeos que, segundo Kumar e Sharma (2008) chega a 47,25% de gordura bruta, sendo 40% de óleo, valor superior ao da maioria das oleaginosas utilizadas no mercado, como por exemplo, a soja e o algodão com apenas 19%. O girassol e a mamona apresentam teores de óleo superiores ao pinhão-manso, porém com rendimento de óleo para o biodiesel e produtividade média inferiores ao pinhão-manso.

A presença de curcina (proteína tóxica), formada por ésteres diterpenos (ésteres de forbol), nas suas sementes também é uma vantagem para o uso do pinhão-manso como fonte de óleo vegetal, pois impede seu uso para a alimentação sem destoxificação, evitando a competição como recurso alimentar (MIRANDA, 2011).

No entanto, o pinhão-manso apresenta outras utilidades, tais como cerca viva, já que não é palatável para caprinos e bovinos e assim, pode proteger campos agrícolas (KUMAR; SHARMA, 2008) adubo verde, fertilizante agrícola, ração animal (KUMAR; SHARMA, 2008; SATO et al., 2009) e carvão vegetal (HELLER, 1996; ARRUDA et al., 2004; KUMAR; SHARMA, 2008). A glicerina, seu sub-produto, pode ser utilizada como sabão e combustível para lamparinas (KUMAR; SHARMA, 2008; SATO et al., 2009). Além disso, tem interesse medicinal, uma vez que todas as suas partes são utilizadas pela medicina tradicional para o tratamento das mais diversas doenças, inclusive, alguns dos compostos produzidos vem sendo estudados e testados por laboratórios (KUMAR; SHARMA, 2008; SATO et al., 2009) e na indústria de cosmético tem sido utilizado como alternativa à manteiga de karité e constituintes de condicionador de cabelo (RIJSSENBEEK, 2006).

Atrelado a todas essas possibilidades de uso, o pinhão-manso é uma espécie perene com grande produtividade de óleo por hectare plantado (4,0 – 6,0 toneladas por hectare) (CARIOCA et al., 2009), o que atrai ainda mais o interesse pela espécie na possibilidade de reduzir a área plantada com a finalidade de se obter óleo vegetal (MIRANDA, 2011) e a torna altamente competitiva com as demais espécies cultivadas no Brasil (CARIOCA et al., 2009).

O biodiesel do pinhão-mansão demonstrou ser adequado para o uso em motores de combustão interna devido às suas características físico-químicas (ARAÚJO et al., 2008) e menos poluente do que o óleo diesel (SATO et al., 2009). Apresenta também variações pouco significativas de acidez, além de possuir melhor estabilidade à oxidação do que a soja e a palma, e boa viscosidade se comparado à mamona (ARRUDA et al., 2004; TAPANES et al., 2007). Na África e na Ásia, durante a Segunda Guerra Mundial, o óleo do pinhão-mansão chegou a ser utilizado como substituto ao diesel; no entanto, as pesquisas foram abandonadas com a evolução da situação internacional pós-guerra (SATO et al., 2009).

#### **2.4 Propagação da espécie**

A propagação do pinhão-mansão pode ser estabelecida por sementes ou mudas de origem vegetativa e a escolha do método influi no ciclo reprodutivo da cultura (SATURNINO et al., 2005). A via de propagação por sementes, também chamada sexual ou seminífera, deve ser feita obedecendo certos critérios. É importante o conhecimento da espécie e do hábito de reprodução da planta fornecedora das sementes. A planta deve ter as melhores características da espécie ou variedade em questão, tais como alta produção, boas características dos frutos, precocidade, sanidade e vigor (SILVA, 2005).

Estudos realizados por Tagliani (2011) mostram que sementes germinadas diretamente no substrato apresentaram 100% de taxa de germinação e aquelas embebidas em água por vinte e quatro horas em temperatura ambiente de 25°C, durante a pré-germinação, apresentaram melhores índices de velocidade de germinação e protrusão radicular mais vigorosa, concluindo que sementes de pinhão-mansão não apresentam dormência. Moreira (2013) também concluiu que para a germinação de pinhão-mansão não há necessidade de tratamento pré-germinativo e sugeriu escarificação seguida de doze horas de imersão em água como facilitadores da emissão radicular.

A obtenção de mudas deve ser iniciada com a aquisição de material adequado às condições locais e finalidade específica. Esse material deve ser oriundo de um processo de seleção e propagação de plantas com as características desejadas, também chamadas de plantas “de elite” (BATISTA, 2012).

## 2.5 Cultura do pinhão-manso

Por ser uma planta ainda em processo de domesticação, estudos com o pinhão-manso em cultivo a campo em diferentes condições edafoclimáticas e, em ambiente protegido e/ou controlado, estão em fase inicial de implantação (CUNHA et al., 2009; PAULINO et al., 2011; FERNANDES et al., 2013).

Pesquisas com a cultura a campo vêm sendo implantadas em diferentes regiões do país. Cunha et al. (2009) com o objetivo de avaliar o crescimento e desenvolvimento de mudas provenientes de Minas Gerais (MG) e do Mato Grosso do Sul (MS) em sistema de dois espaçamentos distintos, implantaram experimento na cidade de Altamira, Pará, obtendo como resultados diferença no crescimento vegetativo quanto aos genótipos utilizados, porém, o maior espaçamento independente do material vegetal, alterou positivamente a produtividade.

O aumento da população de plantas provoca competição por nutrientes, água, luz e CO<sub>2</sub>, resultando em decréscimo de produção por planta e até redução da produtividade por área (PETINARI et al., 2012). Os resultados encontrados por Cunha et al. (2009) ao obterem maior produtividade em maiores espaçamentos, sugerem a importância destes fatores ambientais no desenvolvimento reprodutivo do pinhão-manso.

Avaliando aspectos do desenvolvimento com plantio a campo, sob diferentes fontes de adubações e produtividade no município de Remígio, estado da Paraíba, Fernandes et al. (2013) identificaram que independente da nutrição utilizada, novas folhas foram emitidas e a abscisão foliar ocorreu com a queda da pluviosidade. Determinaram também, que o intervalo de tempo entre a floração e o fruto maduro nas condições da pesquisa demandou 120 dias.

Santos et al. (2010), na cidade de Rio Largo, estado de Alagoas, avaliaram a fenologia e crescimento da espécie nas condições edafoclimáticas da região e atingiram resultados fenológicos semelhantes aos exibidos por Fernandes et al. (2013) em trabalho com pinhão-manso no estado da Paraíba, concluindo que a espécie é caducifólia e que 120 dias é o tempo médio entre a florada e colheita dos frutos.

Com os resultados encontrados, o que se pode sugerir é que possivelmente a semelhança climática das condições dos dois experimentos relatados, a saber, clima quente e úmido com chuvas concentradas nas mesmas épocas do ano e de quatro a cinco meses de período com baixa pluviosidade, convergiu às respostas da espécie quando em

plantio a campo, estando a temperatura, pluviosidade, radiação e o fotoperíodo coordenando os eventos fisiológicos.

Quanto ao crescimento vegetativo, plantas de pinhão-manso avaliadas aos seis meses de idade apresentaram média de 30 cm de altura e 23 mm de diâmetro do caule, atingindo, com 21 meses de idade, altura média de 147 cm e diâmetro do caule de 80 mm (SANTOS et al., 2010).

Em contrapartida, Queiroz et al. (2013), ao compararem o crescimento vegetativo e a fenologia de três espécies de *Jatropha* no município de Lagoa Seca, estado da Paraíba, em condições de campo e durante a estação chuvosa, encontraram um ciclo reprodutivo médio para *Jatropha curcas* de 97 dias, diferindo dos resultados citados anteriormente, sugerindo que a elevada pluviosidade da época do plantio tenha afetado positivamente o ciclo reprodutivo da espécie. O mesmo ocorreu com a altura, variável que aos seis meses de idade das plantas já apresentava média de 147 cm.

Tanto a precipitação, quanto a disponibilidade de água para a planta devem ser consideradas em estudos fenológicos das espécies e estes fornecem informações sobre ritmos de crescimento e reprodução, interações com o clima, produção de frutos e sementes (FISCH et al., 2000; BULHÃO; FIGUEIREDO, 2002). Além disso, a avaliação do comportamento fenológico propicia o conhecimento e a definição das épocas em que ocorrem as diversas fases do período vegetativo das plantas, o que pode favorecer a melhor utilização das práticas culturais, conhecimento da dinâmica fenológica e servir como base para a elaboração de estratégias de cultivos (BERGAMASCHI, 2007).

Pesquisas com o pinhão-manso em diferentes áreas vêm elucidando as relações entre a espécie e os parâmetros ambientais nas diversas regiões brasileiras, com ênfase nas zonas mais quentes, tanto pelas condições requeridas pela espécie quanto por ser uma cultura em potencial para zonas áridas e semiáridas brasileiras, onde há necessidade de implantação de novas culturas, principalmente na agricultura familiar. Em conjunto, verifica-se que o crescimento e desenvolvimento da espécie divergem de forma correlata com as condições climáticas das condições do plantio.

Em ambiente protegido, o cultivo do pinhão-manso, na maioria das pesquisas versa sobre o desenvolvimento da espécie relacionado com o suprimento hídrico, como realizado por Silva et al. (2011a) em pesquisa conduzida em casa de vegetação no município de Campina Grande, no Estado da Paraíba, com o objetivo de avaliar o crescimento e produção do pinhão-manso sob vários níveis de reposição da

evapotranspiração com água residuária (esgoto doméstico). Os autores acompanharam as variáveis, altura, diâmetro, número de folhas e área foliar a cada 42 dias e o número de cachos com frutos por planta durante o período reprodutivo. Na região, a média anual da temperatura máxima é de 27,5 °C, a mínima de 19,2 °C e a altitude média de 550m.

Com relação ao crescimento em altura os autores constataram, em plantas de pinhão-manso bem supridas de umidade (reposição de água igual a 100% da evapotranspiração), altura média de 130 cm próxima dos 144 dias após o transplântio (SILVA et al., 2011a). Resultados similares foram encontrados por Queiroz et al. (2013) em experimento a campo em período chuvoso, também no Estado da Paraíba.

Em condições de suprimento hídrico adequado a cultura do pinhão-manso, apresentou crescimento e desenvolvimento contínuo, havendo inclusive incrementos lineares para as variáveis vegetativas e, quanto maior foi a reposição da evapotranspiração maior foi o incremento de cachos de frutos por planta. A variável mais sensível ao déficit hídrico é a área foliar, indicando que a espécie reduz a área do limbo foliar, como mecanismo de otimizar o uso da pouca água disponível (SILVA et al., 2011).

Em pesquisa realizada no estado de Goiás, verificando o efeito da água salina no desenvolvimento do pinhão-manso, verificaram redução no crescimento vegetativo e elevados índices de senescência e abscisão foliar (MATOS et al., 2013). Nery et al. (2009), encontraram resultados semelhantes ao disponibilizar água salina para plantas de pinhão-manso por 163 dias ao averiguarem redução significativa na altura, diâmetro, número e área foliar.

Portanto, percebe-se variedade de estudos com o pinhão-manso em ambiente protegido com enfoque nas zonas mais quentes do país e tratando a problemática regional que é a disponibilidade de água. Já para a região sul, onde o fator limitante comumente é a temperatura, pouco se estuda o desenvolvimento do pinhão-manso em cultivo a campo ou mesmo em ambiente protegido. Da mesma forma, não foi encontrada nenhuma pesquisa que acompanhasse o desenvolvimento de plantas de pinhão-manso com aplicação de inibidores da síntese das GAs, como o paclobutrazol (PBZ), cultivadas em ambiente protegido até a idade reprodutiva, existindo essas lacunas de informação na literatura.

## 2.6 Floração

A floração e a brotação marcam o início do ciclo reprodutivo das espécies, com a formação de folhas, flores, frutos e sementes. E, devido a essas características de importância econômica, diversos estudos fenológicos têm sido realizados (KERBAUY et al., 2004). Estudos fisiológicos clássicos evidenciam que as variações sazonais, como fotoperíodo, temperatura, precipitação e estágio de desenvolvimento da planta são condições importantes que regulam a transição floral (HASTINGS; FOLLET, 2001).

Para *J. curcas*, pesquisas sobre o controle da floração vem ocorrendo em várias regiões do mundo, chegando a resultados importantes, principalmente quanto a variedade de estímulos que regulam a transição do crescimento vegetativo para o crescimento reprodutivo, tanto aqueles externos quanto internos (MAES et al., 2009).

A partir de análises fisiológicas e genéticas da floração têm-se buscado qualificar os estímulos (WU et al., 2011); dentre os exógenos, estudos apontam que a floração e conseqüentemente a produtividade, é altamente afetada por condições geográficas e ambientais apresentando bom desenvolvimento quando cultivada em regiões tropicais e subtropicais entre as latitudes 30° N e 35° S (MAES et al., 2009).

A temperatura e pluviosidade são consideradas fundamentais para o ciclo reprodutivo do pinhão-manso. Temperaturas muito baixas, associadas a geadas, podem provocar a morte das plantas ou reduzir drasticamente a produção de sementes e, quando a disponibilidade de água está aquém do ideal, ocorre queda na produtividade (MAES et al., 2009). De acordo com Andrade et al. (2008) a temperatura mínima letal para o pinhão-manso está entre -3°C e -4°C, porém já há redução da taxa fotossintética com temperaturas positivas próximas a 0°C.

Wu et al. (2011) descreveram 12 fases do desenvolvimento das flores em pinhão-manso. Até a fase 5, o tecido é unissexual, sem diferenciação, o qual começa a diferenciar na fase seguinte, com a formação dos estames primordiais em todas as flores, indicando que no início do seu desenvolvimento as flores femininas são bissexuais e apresentam localização específica dentro da inflorescência; porém a diferenciação é coordenada por parâmetros ambientais, como temperatura e disponibilidade água. Para os autores, temperaturas médias e quantidade de água apropriada propiciam a diferenciação em flores femininas, informações que corroboram Dhillon et al. (2006), ao identificarem relação positiva entre a queda de temperatura e

aumento das flores masculinas com subsequente redução no número de flores femininas.

Como o ciclo reprodutivo do pinhão-mansão é regulado por características climáticas, em regiões permanentemente úmidas, a floração das plantas é contínua, ocorrendo o ano todo (HELLER, 1996), como nas províncias orientais da China Sichuan, Yunan e Hainan (WU et al., 2011). Em contrapartida, em regiões com estações definidas, pode apresentar picos de floração bem marcantes, como encontrado por Santos et al. (2010), no município de Rio Lago, estado de Alagoas, com a florada principal ocorrendo no início da estação chuvosa (outono/inverno) e outra com números reduzidos, durante a estação seca e quente (primavera). Comportamento semelhante de florescimento foi encontrado em diferentes regiões de clima tropical e subtropical (MAES et al., 2009).

Meng et al. (2009) estudando pinhão-mansão em regiões de clima quente na China verificaram que a planta floresce duas vezes ao ano apresentando duas frutificações; entretanto, em algumas regiões secas a floração só ocorreu uma vez por ano devido a baixa disponibilidade hídrica do solo.

O início do ciclo reprodutivo também é coordenado pelos eventos ambientais e características genéticas da planta (MAES et al., 2009; WU et al., 2011), podendo ocorrer já aos seis meses de idade como encontrado no estado de Alagoas (SANTOS et al., 2010) ou iniciando aos dez meses, como sugerido por Arruda et al. (2004).

Além dos estudos moleculares, bioquímicos e ambientais favorecerem o manejo floral das espécies, o uso de substâncias sintéticas também pode modificar o comportamento vegetativo e reprodutivo das plantas, constituindo um importante meio de interferir no ciclo dos vegetais.

## **2.7 Reguladores vegetais**

Hormônios vegetais são mensageiros químicos (orgânicos) de baixo peso molecular, produzidos endogenamente que regulam o crescimento do vegetal mesmo em concentrações muito reduzidas (RAVEN et al., 2001; TAIZ; ZEIGER, 2004). São substâncias endógenas, ativas a nível celular e molecular, afetando os processos metabólicos via transcrição e tradução e também com função de coordenação do



organismo como um todo (LARCHER, 2006). A importância ecológica dos hormônios vegetais está em sua função de substância transdutora, seguindo a percepção dos estímulos ambientais, onde todas as partes da planta são informadas sobre a situação de outras partes por meio da síntese ou mudança na concentração de um ou mais hormônios (LARCHER, 2006).

Enquanto os eventos ambientais são determinantes para a síntese e translocação de grupos de hormônios como: auxina (IAA), citocinina (CK), giberelina (GA), etileno (ET) e ácido abscísico (ABA), existem substâncias sintéticas produzidas exogenamente, denominadas reguladores vegetais que, quando aplicadas nas plantas possuem ações similares aos compostos vegetais conhecidos (TAIZ; ZEIGER, 2004; LARCHER, 2006).

O grupo de reguladores vegetais com ação de retardar o crescimento, são compostos sintéticos, os quais atrasam o alongamento e divisão celular no meristema subapical (CASTRO, 2001). Normalmente, esses compostos atuam impedindo a biossíntese das giberelinas (GA - ácido giberélico), hormônios sintetizados nas regiões de crescimento, sementes em germinação, frutos imaturos, ápices de caule e raízes e, que além de coordenarem a floração, expressão sexual, senescência e abscisão foliar, germinação e superação de dormência (CASTRO, 2005), são responsáveis pelo crescimento vegetal ao atuarem sobre as paredes celulares induzindo o alongamento e estimulando a divisão celular (KERBAUY et al., 2004).

Os reguladores vegetais são substâncias químicas que têm sido utilizadas, dentre outras atividades, para manipular o crescimento vegetativo de algumas espécies e o desafio é fazê-lo sem reduzir a capacidade produtiva (MOUCO, 2008). O uso de tais substâncias adquiriu grande importância, pois com seu emprego, foi possível conhecer e modificar diversos processos fisiológicos naturais das plantas; no entanto, cada espécie apresenta resposta específica, da mesma forma, a atividade metabólica da planta e as condições ambientais na época do manejo também podem induzir respostas distintas (ABDELGADIR et al., 2009).

Estudos com a lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka) indicam que a pulverização com GAs (ácido giberélico) sobre as gemas ainda sem diferenciação em flores retarda o desenvolvimento da fase reprodutiva na espécie (SERCILOTO; CASTRO, 2001). Fato semelhante ocorre em *Eucalyptus globulus*, onde as atividades reprodutivas aumentaram com a diminuição de GAs endógenas, o que indica que elevadas concentrações de giberelinas podem atuar como inibidoras da floração nestas

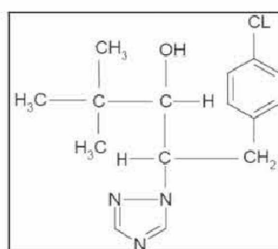
espécies (AURAS, 2001). De acordo com as observações de Auras (2001) para angiospermas lenhosas, como em *Eucalyptus globulus*, o aumento da concentração de giberelina endógena ou mesmo a aplicação de giberelina sintética, não estimulou o desenvolvimento floral, pelo contrário favoreceu a fase juvenil na planta, retardando a passagem para a fase adulta e conseqüentemente a fase reprodutiva.

Em contrapartida, a aplicação de inibidores da biossíntese de giberelina pode atuar positivamente na indução da floração em espécies de plantas nas quais, a giberelina atua como inibidora (AURAS, 2001; SERCILOTO; CASTRO, 2001). Estes podem ser agrupados em três classes de acordo com qual das três etapas da síntese é interrompida. Assim, três tipos diferentes de retardantes vegetais podem ser relacionados: os compostos quaternários, como o cloreto de mepiquat e o cloreto de chlormequat, que inibem a conversão de geranil difostato para o caureno; os compostos cíclicos contendo um nitrogênio, como o ancymidol, flurprimidol, paclobutrazol e uniconazole, que inibem a passagem do caureno a GA<sub>12</sub>-aldeído, que é catalisado por monoxigenases e os acilciclohexanodionas como o etil-trinexapac e o prohexadione-Ca, que podem bloquear as reações finais do metabolismo de GA (conversão do GA<sub>12</sub>-aldeído nas diferentes GA's), relativas à ação de dioxigenases (RADEMACHER, 2000).

Dentre os mais utilizados comercialmente, destaca-se o paclobutrazol (PBZ) um composto do grupo químico dos triazóis que são caracterizados por possuir estrutura em anel contendo três átomos de nitrogênio, clorofenil e cadeias laterais de carbono (FLETCHER et al., 2000).

De estrutura química denominada ([[(2RS-3RS) - 1-(4-clorofenil) 4,4-dimetil-2-(1,2,4-triazol-1-y)-pentan- 3-ol]]) (Figura 2) ou empiricamente C<sub>15</sub>H<sub>20</sub>ClN<sub>3</sub>O, o PBZ atua sobre a família das enzimas P450 monoxigenase inibindo a passagem do caureno a GA<sub>12</sub>-aldeído (RADEMACHER, 2000) e apesar de absorvido também por ramos e folhas sua eficácia é maior pelas raízes, sendo quase que exclusivamente translocado pelo xilema (DAVIS; CURRY, 1991; FLETCHER et al., 2000).

As características precisas das estruturas moleculares que conferem atividade inibitória do crescimento das plantas não são completamente compreendidas, mas estão relacionadas com a estereoquímica da estrutura molecular, principalmente quanto à configuração das porções na cadeia de carbono (DAVIS; CURRY, 1991).



**FIGURA 2.** Representação da estrutura química do paclobutrazol ([[(2RS-3RS) - 1- (4-clorofenil) 4,4-dimetil-2-(1,2,4-triazol-1-y)-pentan-3-ol]). Fonte: RADEMACHER (2000).

Para algumas espécies, o paclobutrazol atua antecipando a floração e reduzindo o porte, ou o alongamento dos ramos, como em eucalipto (AURAS, 2001), manga (FONSECA et al., 2004) e lichia (PIRES, 2012), enquanto em outras altera a razão sexual, aumentando o número de flores femininas como ocorre no amendoim (SENOO; ISODA, 2003) e na pera (ASIN et al., 2007).

Para algumas culturas, como a mangueira, o efeito do PBZ já é bem conhecido, com protocolos e metodologias desenvolvidas quanto à época, concentração e frequência de aplicação (FONSECA et al., 2004). Para o pinhão-manso, o qual teve intensificação das pesquisas no Brasil a partir de meados do ano 2000 (AVELAR, 2009) estudos com os reguladores, dentre eles o PBZ, ainda se fazem necessários.

### 2.7.1 Reguladores vegetais em pinhão-manso

Diversos reguladores têm sido testados na cultura do pinhão-manso, desde inibidores da síntese de giberelina a citocininas, giberelinas, etileno e auxinas sintéticas (RAMOS, 2011; GOUVEIA et al., 2012).

Ghosh et al. (2010) com o objetivo de avaliar o efeito do paclobutrazol no crescimento, desenvolvimento, produtividade de grãos e conteúdo de óleo nas sementes de pinhão-manso, implantaram um experimento piloto em Chorvadla, localizada na região semiárida do estado de Gujarat na Índia, entre os anos de 2006-2008. Para isso, selecionaram plantas de baixa produtividade com 2 anos de idade (em plantio a campo) nas quais aplicaram as concentrações de 0; 0,75; 1,00; 1,25 e 1,50g de ingrediente ativo de PBZ (composto comercial CULTAR® 23 SC) por metro de diâmetro de copa diretamente no solo seco, em uma única dose no ano de 2006.

No primeiro ano do experimento, as plantas tratadas com PBZ apresentaram efeitos adversos, como a compactação do pedúnculo floral e falha no desenvolvimento de flores a frutos, apresentando redução em praticamente todas as variáveis. Em contrapartida, no ano seguinte à aplicação, houve incremento significativo em relação à testemunha nas variáveis reprodutivas: aumento no número de ramos com frutos por planta; aumento no número de frutos por ramos e por inflorescência decorrente da menor razão entre flores masculinas e femininas; mais frutos por planta; mais sementes por cápsulas e maior peso médio das sementes; configurando-se em ganho de produtividade e rendimento por planta. Em conjunto, houve redução significativa em altura em todos os tratamentos (GHOSH et al., 2010).

Com experimento realizado em Pelotas-RS, Donini et al. (2012) ao avaliarem o efeito de duas aplicações com intervalo de aproximadamente 9 meses nas concentrações: 0, 1g, 2g e 3g de paclobutrazol por planta, via solo; sobre o florescimento e produção de pinhão-manso, obtiveram resultados semelhantes ao descritos por Ghosh et al. (2010), principalmente quanto a altura e aumento de flores femininas, no entanto, sem afetar a média de produção por plantas e diferindo da testemunha apenas na safra seguinte às aplicações.

A aplicação de PBZ não só aumenta a assimilação de nutrientes como favorece a redistribuição destes ao longo da planta o que junto com o deslocamento dos fotoassimilados para os órgãos reprodutivos provoca o aumento da produtividade e na porcentagem de óleo nas sementes em comparação às plantas sem PBZ (GHOSH et al., 2010).

Em outro experimento realizado nas mesmas condições de campo e concentrações que Donini et al. (2012), Oliveira et al. (2012b), utilizaram a aplicação via foliar, porém com apenas uma aplicação de pulverização na copa das plantas. As variáveis avaliadas foram as mesmas do experimento da aplicação via solo e como resultados obtiveram diferença significativa apenas no tratamento com 3g de PBZ por planta. O qual diferiu positivamente da testemunha quanto ao incremento de inflorescências por planta e, das demais aplicações, quanto ao número de flores masculinas. Ainda no mesmo experimento, foram realizadas colheitas distintas dos frutos e percebeu-se que a aplicação de PBZ além de aumentar em 140% a produção de sementes, promoveu a uniformização da colheita.

Na região de Gurupi, no estado de Tocantins, mudas de pinhão-manso com três meses de idade provenientes de estacas de uma única planta matriz, foram submetidas a

aplicação por pulverização de seis diferentes reguladores vegetais, a saber: 2,3,5 – ácido triiodobenzoico (Tiba – inibidor da síntese das IAA); ácido giberélico (ProGibb®); ethrel – PT (Etephon® – etileno); prohexadione – cálcio (Viviful®); cloreto de cloromequat (Tuval® - inibidor da síntese GA) e a mistura entre ácido indol-butiílico, giberelina e citocinina (Stimulate®) em duas doses distintas com concentrações específicas para cada regulador (RAMOS, 2011).

Apesar da ausência de diferença estatística, todos os tratamentos provocaram incremento em altura em comparação à testemunha (tratamento sem aplicação) e promoveram aumento da área foliar. Todos os reguladores estimularam a floração, enquanto, a testemunha não apresentou flores no período do experimento. O maior número de flores por planta foi obtido com os reguladores Stimulate® e Tuval® nas duas doses aplicadas, obtendo inclusive redução na relação entre flores masculinas e femininas (dose 1 - 1,85:1 e 1,35:1 e dose 2 - 3,06:1 e 2,42:1, respectivamente) (RAMOS, 2011), quando comparado ao encontrado na literatura 29:1 (SATURNINO et al., 2005). Enquanto isso, o menor número de flores, dentre os reguladores, foi encontrado com a aplicação de Etephon® e de ProGibb®, o que indica, na comparação com os demais compostos, efeito menos positivo na indução floral (RAMOS, 2011).

Como o ProGibb é na realidade giberelina sintética, esses resultados em comparação com os encontrados por Ghosh et al. (2010) e Donini et al. (2012) ao avaliar os efeitos do PBZ (inibidor de GA), indicam que possivelmente o pinhão-manso responda de maneira distinta aos dois grupos de reguladores, sendo necessário estudos comparativos para estabelecer um melhor diagnóstico.

Em outros estudos, com Etephon® (etileno), autores apontam redução da emissão e antese floral quando o regulador é aplicado diretamente sobre os brotos terminais, havendo inibição de mais de 85% da emissão de flores com concentrações acima de  $1.000 \text{ mg L}^{-1}$  nas avaliações aos 20 e 30 dias da aplicação. E, quando aplicadas concentrações iguais ou acima de  $200 \text{ mg L}^{-1}$  no início do desenvolvimento floral há inibição da antese floral. Esses resultados podem favorecer a uniformização da floração e frutificação, uma vez que o pinhão-manso apresenta desuniformidade na abertura das suas flores (ARAÚJO et al., 2011).

Outros reguladores, como a benziladenina (BA), citocinina sintética, também vêm sendo testados. Gouveia et al. (2012) aplicaram-na em plantas de pinhão-manso com 36 meses de idade, tratadas a campo no município de Porto Velho, estado de Rondônia. O volume de 80 ml, de solução com  $150 \text{ mg L}^{-1}$  de BA, foi aplicado

diretamente sobre as inflorescências fechadas em dois momentos distintos e com uma semana de intervalo. Como resultados, obtiveram aumento de 92% na produção decorrente dos 170% de incremento de frutos por cacho, consequência do acréscimo de inflorescências por planta e do número de flores femininas nestas. A relação entre flores masculinas e femininas também foi reduzida (6:1 na testemunha e 4,5:1 com as aplicações).

O cloreto de mepiquat (Cloreto 1,1 – dimetil piperidíneo), comercialmente denominado Pix®, também vem tendo os seus efeitos estudados na cultura do pinhão-manso (OLIVEIRA et al., 2008). Por interferir na biossíntese da giberelina é classificado como inibidor do crescimento, por provocar menor alongação celular (LAMAS, 2001). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Embrapa Algodão, Campina Grande, no estado da Paraíba. As sementes de pinhão-manso foram embebidas durante oito horas nos tratamentos: 0; 2,5; 7,5; e 12,5 g i.a. de cloreto de mepiquat por L<sup>-1</sup> de água destilada e semeadas em vasos de 20 L. Aos 120 dias da emergência os autores avaliaram a altura da planta, diâmetro, número de folhas, área foliar, matéria seca da parte aérea e da raiz. Os tratamentos de maiores doses, 7,5 e 12,5 g i.a. L<sup>-1</sup> provocaram redução significativa na altura das plantas, enquanto as demais variáveis se mostraram semelhantes em todas as aplicações (OLIVEIRA et al., 2008).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido em estufa, sem controle de temperatura e umidade, na Embrapa Florestas, Município de Colombo – PR com as seguintes coordenadas geográficas: 25°8' 56' 75"S de latitude e 49°09'20'72"O de longitude e altitude média de 970m. O experimento foi conduzido durante o período de outubro de 2013 a janeiro de 2015.

#### **3.1 Semeadura e transplântio**

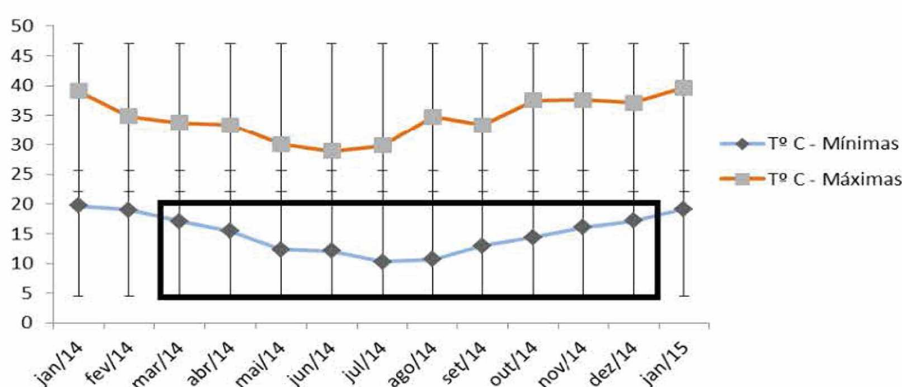
No mês de outubro de 2013, 336 sementes dos genótipos 167 e 190, escolhidos devido à qualidade e vigor das plantas progenitoras, provenientes do Banco de

Germoplasma de Pinhão-Manso da Embrapa Agroenergia (Brasília-DF) foram semeadas em tubetes de polipropileno de 180cm<sup>3</sup> contendo como substrato terra de subsolo e casca de arroz carbonizada na proporção de 1:1 (v/v).

As sementes foram plantadas diretamente no substrato, a um centímetro de profundidade e mantidas em estufa com irrigação automática 3 vezes ao dia por dez minutos e sem controle de temperatura, apenas com o registro das mesmas duas vezes ao dia.

Aos 56 dias após a semeadura (DAS - 26/12/2013) e com uma altura média de 12,6 cm (Figura 3) 140 mudas de cada genótipo foram transplantadas para vasos com capacidade de 5,5 L utilizando substrato preparado conforme Tabela 1 e acondicionadas em outra estufa com as dimensões de 10 m de comprimento por 3,15 m de largura, sem controle de temperatura, com cobertura plástica de polietileno e malha de sombrite 50% com iluminação natural (Figura 3). A irrigação, da data do transplântio até outubro de 2014 foi por sistema de aspersão 4 vezes ao dia durante 5 minutos, às 7h, 11h, 15h e 19h, para manter a capacidade de campo do substrato. Durante os meses mais quentes (novembro de 2014 a janeiro de 2015) a irrigação passou a ser às 8h, 11h, 14h e 17h durante 8 minutos.

A menor temperatura registrada dentro da estufa foi de 2° C, nos meses de junho e julho de 2014 e a maior de 46° C ocorrendo em outubro de 2014. As médias das temperaturas mínimas e máximas de janeiro de 2014 a janeiro de 2015 ocorridas dentro da estufa constam na Figura 4.



**FIGURA 3.** Média das temperaturas mínimas e máximas mensais ocorridas dentro da estufa, durante os meses de janeiro de 2014 a janeiro de 2015. Médias anuais de 15,1 e 34,6°C. □ Indica as médias mínimas mensais abaixo de 18°C, não ideais para o pinhão-manso. Fonte: o autor (2015).



**FIGURA 4.** Condução do experimento. **A.** Estufa de madeira. **B.** Aspersores. **C.** Mudas de pinhão-manso aos 56 dias após a germinação (DAS) (dia do transplântio para os vasos de 5,5 L) (data: 26 de dezembro, 2013). **D.** Mudas de pinhão-manso aos 100 DAS e 10 dias após a 1ª aplicação do PBZ (data: 10 de fevereiro, 2014). **E.** Mudas de pinhão-manso aos 210 DAS (data: 01 de junho, 2014). **F.** Mudas de pinhão-manso aos 300 DAS (data: 01 de setembro, 2014). Fonte: o autor (2015).



**TABELA 1.** Composição do substrato utilizado para o plantio das mudas de pinhão-manso.

Componentes	Quantidade
Terra preta (peneirada malha 1cm)	1.000,0g
Vermiculita	500,0g
Adubo (04-14-08)	26,0g
S.F. Smiles	6,4g
FTE	3,0g
Osmocote	8,6g

### 3.2 Aplicação de paclobutrazol

A primeira coleta de dados foi realizada aos 89 DAS (30/01/2014) onde avaliou-se as seguintes variáveis: altura das mudas; número de folhas, diâmetro e número de entrenós.

Aos 90 DAS (31/01/2014) os seguintes tratamentos (T) foram aplicados para cada um dos genótipos (167 e 190), sendo aos 180 DAS repetidas as concentrações para os tratamentos: T5, T6 e T7.

- T1: Testemunha: 0,00g ingrediente ativo (i.a.) de PBZ = paclobutrazol.
  - T2: 0,25g i.a. PBZ
  - T3: 0,50g i.a. PBZ
  - T4: 1,00g i.a. PBZ
  - T5: 0,25g i.a. PBZ
  - T6: 0,50g i.a. PBZ
  - T7: 1,00g i.a. PBZ
- } Aplicados apenas aos 90 (DAS)  
 } Aplicados aos 90 e aos 180 (DAS)

Foi utilizado paclobutrazol comercial CULTAR® 23 SC (25% i.a./L<sup>-1</sup>) nas concentrações de 0; 0,25; 0,50 e 1,00 g cm<sup>-1</sup> de diâmetro caulinar. A aplicação de PBZ foi via solo e o volume de calda utilizado, correspondeu a 70% da capacidade de campo do substrato, valor conhecido mediante teste realizado no dia anterior a aplicação, o que correspondeu a 420 ml água por planta.

### 3.3 Delineamento experimental e variáveis analisadas

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado num arranjo fatorial 3x2 (3 concentrações de PBZ x 2 frequências de aplicação) com 4 repetições de 5 mudas por unidade experimental, perfazendo 20 mudas por tratamento, num total de 140 mudas por genótipo e 280 na totalidade do experimento.

As plantas espontâneas presentes nos vasos foram retiradas manualmente sempre que necessário. Assim que a espécie iniciou a formação de novos ramos, foi realizada a adubação de crescimento, composta por 2,4Kg de Nitrato de Potássio; 750g MAP; 1,5Kg Ureia; 150g FTE e 600g de Sulfato de Magnésio, diluídos em 100 L de água, correspondendo a 300 ml da solução por planta, totalizando cinco aplicações a cada 15 dias (20/11/2014; 05/12/2014; 20/12/2014; 04/01/2015; 23/01/2015).

O experimento foi conduzido durante os meses de janeiro/2014 a janeiro/2015 (Tabela 2) e quinzenalmente as seguintes variáveis foram avaliadas em cada uma das plantas, totalizando 25 datas de análise:

- Número de ramos com inflorescência – obtido a partir da contagem manual de ramos que apresentaram inflorescências;
- Número de flores por inflorescência – obtido a partir da contagem manual das flores por inflorescência;
- Número de flores femininas e masculinas por inflorescência - obtido a partir da contagem manual de flores femininas e masculinas em cada inflorescência;
- Altura das plantas (AP) (cm) – obtida com fita métrica, considerando-se a distância do colo até o ápice caulinar;
- Diâmetro caulinar (DC) (mm) – determinado a 1 cm do colo da planta utilizando-se paquímetro digital;
- Número de entrenós (NENTR) por planta – determinado pela contagem dos nós das folhas cotiledonares até o meristema apical menos 1;
- Comprimento médio de entrenó (CMENT) por planta – obtido pela divisão da altura pelo número de entrenós;
- Número de folhas (NF) por planta – obtido pela contagem, considerando-se as folhas com, pelo menos, 1 cm<sup>2</sup> de limbo foliar e totalmente expandidas;

- Número de novas brotações (NB) por planta – obtido pela contagem, considerando-se como brotação as folhas com menos de 1cm<sup>2</sup> de limbo foliar e/ou ainda não expandidas;
- Área foliar (AF) das duas folhas mais jovens – mensurada a partir da largura e comprimento com uso de régua graduada e posteriormente com a fórmula:  $A=0,84 \times (L \times W)^{0,99}$ , proposta por Severino et al. (2007a). A coleta de dados para esta variável ocorreu a cada 30 dias do mês de fevereiro até o mês de setembro, totalizando oito datas de análise.

**TABELA 2.** Datas de coletas dos dados a cada quinze dias.

ETAPA DE COLETA DE DADOS													
Ano	2014											2015	
Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J
Dia	30	14	1;16;31	16	1;16;31	15;30	15;30	14;29	13;28	13;28	12;27	12;27	11;26

### 3.4 Análises estatísticas

Os dados utilizados na análise estatística foram apenas àqueles obtidos na última data de avaliação (26/01/2015 – 465 DAS), pois assim foi possível qualificar o efeito das concentrações (0,25; 0,50 e 1,00 i.a. de PBZ) conjuntamente com as frequências de aplicação (aos 90 DAS e aos 90 e 180 DAS), caracterizando um fatorial 3x2.

Para a organização dos dados, primeiramente foi calculada a média dos resultados encontrados no tratamento testemunha (T1) na data final do experimento, aos 465 DAS, para cada uma das variáveis. Para isso, foi feita a soma dos valores encontrados em cada uma das plantas, 20 plantas distribuídas em 4 repetições, e depois a divisão do resultado encontrado pelo número de plantas utilizadas (20) ( $\mu$  T1 - Equação 1).

Posteriormente, foi calculada a média por repetição (de cada uma das 4 repetições com 5 plantas cada) em cada um dos 6 tratamentos, T2, T3, T4, T5, T6 e T7; para cada uma das variáveis na data final do experimento (Equação 2). Em seguida, foi feita a divisão da média de cada repetição por tratamento pela média da testemunha em

cada variável (Equação 3). Todos esses procedimentos foram realizados de forma individualizada para os genótipos 167 e 190.

$$\begin{aligned} \mu_{T1\ 465DAS} &= \frac{(R1+R2+R3+R4)}{20} \\ \mu_{11\ 465DAS} &= \frac{(R1+R2+R3+R4)}{20} \end{aligned} \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde, R1, R2, R3 e R4 – correspondem a cada uma das repetições com 5 plantas cada, totalizando 20 plantas por tratamento.

$$\mu_{Rn} = \frac{(P1n+P2n+P3n+P4n+P5n)}{5} \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde, n varia de 1 a 4 (número de repetições) e P1n, P2n, P3n, P4n e P5n – correspondem aos valores das 5 plantas presentes em cada repetição n.

Cálculo (Equação 3) realizado para cada uma das repetições, de maneira independente, sendo a média de cada uma delas utilizadas para a análise estatística.

$$RAZ\tilde{A}O = \frac{\mu_{Rn}}{\mu_{T1}} \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde,  $\mu_{Rn}$  – média de cada uma das 4 repetições e  $\mu_{T1}$  – média da testemunha (T1).

A partir dos cálculos descritos percebe-se que os valores apresentados por variável são relativos ao valor da testemunha, apresentando incremento ou redução em ordem de porcentagem.

Por fim, os resultados foram submetidos à análise de variância. Inicialmente as variâncias dos tratamentos foram avaliadas quanto a sua homogeneidade pelo teste de Bartlett. Todas as variâncias mostraram-se homogêneas e, portanto, tiveram os efeitos dos tratamentos testados por meio do teste “F”, em uma análise de variância. Quando os resultados revelaram existir diferenças estatisticamente significantes entre médias de tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de

probabilidade. Os dados foram processados pelo programa ASSISTAT ®, versão 7.7 beta (pt) (Universidade Federal de Campina Grande, Brasil).

Para a variável área foliar (AF), devido à escassez de folhas a partir do mês de abril/2014 até a última data de avaliação desta variável (setembro/2014), os resultados apresentados referem-se à última coleta com dados em todos os tratamentos, a qual ocorreu no mês de março/2014, antes da segunda aplicação e, portanto as folhas apenas estiveram sujeitas ao efeito concentração e os cálculos referem-se ao dia 17/03/2014, 45 dias da aplicação (DAP).

Dessa forma, a análise realizada para a variável AF não foi um fatorial e sim um arranjo simples de experimento inteiramente casualizado (DIC), com 7 tratamentos e 4 repetições por tratamento. Inicialmente as variâncias dos tratamentos foram avaliadas quanto a sua homogeneidade pelo teste de Bartlett e posteriormente submetidas à análise de variância (ANOVA), para avaliação do efeito significativo dos tratamentos com paclobutazol, pelo Teste “F”. As análises foram realizadas com o programa ASSISTAT ®, versão 7.7 beta (pt) (Universidade Federal de Campina Grande, Brasil).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão apresentados por variável analisada de maneira conjunta para cada genótipo, obedecendo à sequência de dados sobre a floração, altura das plantas, diâmetro caulinar, número de entrenós, comprimento dos entrenós, número de folhas, número de brotações e área foliar.

Para todas as variáveis, com exceção da floração e área foliar, os resultados apresentados referem-se aos valores obtidos ou reduzidos, do tratamento em relação à testemunha (em porcentagem).

### 4.1 Floração

A emissão das inflorescências ocorreu apenas em dois exemplares de pinhão-manso (genótipo 190) em novembro de 2014 nos tratamentos com 0,25g i.a. e com 1,0g i.a. de PBZ, ambos com apenas uma aplicação. Como os resultados foram pontuais, não foi possível a coleta de dados para análise estatística.

A planta tratada com 0,25g de i.a. apresentou apenas um ramo com duas inflorescências. Uma delas com seis flores, todas masculinas, e outra com vinte flores, sendo apenas uma feminina. A planta tratada com 1,00g de i.a. apresentou também um único ramo com duas inflorescências, porém uma delas apresentando quatro flores, todas masculinas, e outra com oito flores, sendo apenas uma feminina. Das flores femininas emitidas, nenhuma foi fecundada, sendo, portanto abortadas. A queda das flores tanto masculinas quanto femininas ocorreu entre 7-11 dias após a abertura.

Os resultados trazem indícios de que a aplicação de PBZ em mudas com apenas três meses de idade, nas condições em que o experimento foi desenvolvido, não se configura como prática favorável à antecipação e/ou aumento da produtividade para a espécie. Na literatura há poucos estudos com a aplicação de reguladores vegetais em plantas jovens ou em sementes de pinhão-manso, sendo a maioria das pesquisas realizadas com plantas adultas o que dificulta um diagnóstico preciso.

Durante a condução do experimento, as plantas da testemunha também não floresceram, indicando que as condições de cultivo, tais como as baixas temperaturas mínimas, a elevada altitude, o fotoperíodo e a radiação dentro da estufa não foram

satisfatórias para promover a floração, o que de acordo com Arruda et al. (2004) poderia ter ocorrido já aos 10 meses de idade e esperava-se que com a aplicação de PBZ a floração fosse antecipada e que este induzisse a floração mesmo em condições não indutivas.

Como a transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva envolve a interação entre múltiplos fatores endógenos e exógenos, a aplicação do PBZ em plantas jovens de pinhão-manso, nas condições em que o experimento foi conduzido, de alguma maneira não induziu às mudanças nos padrões de morfogênese e diferenciação celular do ápice caulinar como era o esperado, no entanto, possivelmente a idade das plantas, a frequência de aplicação e a época das aplicações não foram as ideais para desencadear as respostas esperadas com o PBZ.

Em conjunto, como já mencionado, as condições ambientais também não foram indutivas para a floração em pinhão-manso, demonstrando que para a espécie a passagem da fase vegetativa para a fase reprodutiva é coordenada sim por tanto por estímulos endógenos como exógenos e a relação entre eles nem sempre é fácil de ser compreendida.

De acordo com a literatura, os fatores ambientais temperatura, disponibilidade de água, qualidade e intensidade luminosa, a latitude e altitude, influenciam na floração e consequente produtividade da espécie (MAES et al., 2009). Os mesmos autores indicam que há redução na produtividade de pinhão-manso quando em altitudes acima de 500 m e, quando as plantas são submetidas à baixa intensidade luminosa e baixa qualidade da luz, a floração não ocorre e como consequência não há produção de sementes. Concluindo, portanto, que o total de radiação luminosa e o fotoperíodo, são importantes fatores ambientais que participam do ciclo reprodutivo do pinhão-manso.

Na presente pesquisa, a disponibilidade hídrica manteve-se sempre constante, mantendo a capacidade de campo do substrato, não sendo um fator de influência nos resultados encontrados, bem como o local da implantação do experimento encontra-se entre as latitudes (30°N e 35° S) propostas por MAES et al. (2009), como ideais para a cultivo bem sucedido do pinhão-manso.

Em contrapartida, a altitude média de 970 m, a radiação reduzida pela presença da malha de sombrite e as baixas temperaturas mínimas, com alguns dias chegando a 2°C nos meses de junho e julho/2014 e as médias mínimas mensais abaixo de 18°C durante 10 dos 13 meses da condução do experimento (Figura 4), refletindo em uma média anual das mínimas de 15,1°C, possivelmente foram fatores não indutivos da

floração em plantas de pinhão-manso. Alguns autores apontam que quando as médias mínimas são menores do que 18°C, o cultivo comercial do pinhão-manso torna-se restrito por deficiência térmica (SATURNINO et al., 2005; MAES et al., 2009; VASCONCELOS et al., 2012), estando as temperaturas letais abaixo de -4°C, quando a planta passa a apresentar queda excessiva de folhas, baixas taxas fotossintéticas e alterações morfológicas no caule e subsequente a morte (ANDRADE et al., 2008).

Da mesma maneira, o plantio em vaso e a condução do experimento em ambiente protegido, não poderiam ser considerados como fatores limitantes. Silva et al. (2011a), no município de Campina Grande, no Estado da Paraíba, também com plantas de pinhão-manso cultivadas em vasos e mantidas em ambiente protegido, encontraram resultados diferentes. As plantas chegaram à época reprodutiva com menos de um ano de idade recebendo apenas o suprimento hídrico adequado e estando expostas a temperaturas mais elevadas, com a média das mínimas acima de 19°C, enquanto que, a média das mínimas no ambiente da atual pesquisa foi de 15,1°C.

Para os autores, os resultados encontrados no município de Campina Grande, indicam que quanto maior o período de tempo disponível para a planta com condições ambientais favoráveis, tais como disponibilidade hídrica e temperatura ideais, maior também será o número de flores e frutos formados e, portanto, maior a produtividade (SILVA et al., 2011a).

Com relação à ausência de floração nas plantas tratadas com PBZ, Ghosh et al. (2010) durante o primeiro ciclo reprodutivo após a aplicação de PBZ em plantas adultas em cultivo a campo encontraram resultados semelhantes a presente pesquisa, quando os efeitos reprodutivos não foram satisfatórios, sendo inclusive piores do que as plantas sem o tratamento. Em contrapartida, no ano seguinte obtiveram maior produtividade com o uso de PBZ e quando as plantas apresentavam quatro anos de idade. Portanto, este poderia ser um indicativo da necessidade do acompanhamento das plantas tratadas por um período maior do que dois anos da aplicação, o que não foi possível para o experimento em questão. E, igualmente é um indicativo de que a idade das plantas também é determinante, tanto para se pensar a aplicação de PBZ, quanto para as respostas reprodutivas em plantas de pinhão-manso.

Além da aplicação, realizada em plantas adultas, a concentração de PBZ utilizada por Ghosh et al. (2010) foi relacionada ao diâmetro da copa e não ao diâmetro caulinar, como na presente pesquisa, o que resultou em diferentes quantidades de PBZ por planta.



As condições ambientais das regiões de condução dos experimentos também foram diferentes, uma vez que Gosh et al. (2010) implantaram o experimento em região semiárida na Índia com altitude média de 120 m e latitude 21°40'N, enquanto que o estudo em questão, foi desenvolvido em região de clima temperado com temperaturas mais baixas, altitude média de 970 m e latitude de 25°8' 56' 75''S.

Donnini et al. (2012) ao aplicarem 1g, 2g e 3g de i.a. de PBZ por planta adulta em cultivo a campo no município de Pelotas, no estado do Rio Grande do Sul situada a 60 m de altitude e 31° 41' latitude de Sul com clima subtropical úmido e com verões quentes (Cfa por Köppen), também constataram com a aplicação de PBZ, aumento da floração, principalmente no segundo ciclo reprodutivo, corroborando a relação entre idade da planta e aplicação de PBZ com as respostas reprodutivas das plantas de pinhão-manso.

Portanto, tanto Ghosh et al. (2010) quanto Donini et al.(2012) apenas encontraram resultados satisfatórios um ano após a aplicação de PBZ e com a aplicação sendo realizada já em plantas adultas. Ghosh et al. (2010) obtiveram floração significativa apenas em plantas com quatro anos de idade em cultivo a campo, como sugerido por Arruda et al. (2004), os quais constataram que o início da floração de pinhão-manso pode ocorrer antes de um ano de idade, porém torna-se comercialmente viável após o quarto ano.

Respostas diferenciadas devido as idades fisiológicas das plantas e genótipos, além de outros fatores tais como concentrações utilizadas, frequência, condições de condução do experimento, manejo da cultura, nutrição e condições ambientais, em especial a temperatura e intensidade luminosa, poderiam explicar a aparente discordância entre os resultados obtidos e os apresentados por Ghosh et al. (2010) e Donnini et al. (2012).

### **4.3 Altura**

A análise de variância (Tabela 3) revelou que para o crescimento em altura em relação à testemunha, a interação entre os fatores concentração e frequência de aplicação de PBZ não foi estatisticamente significativa para nenhum dos genótipos, indicando que estes fatores são independentes.

Mesmo que a análise de variância tenha indicado diferença significativa no efeito das concentrações sobre o crescimento em altura para as plantas do genótipo 167 e significância das frequências de aplicação para o genótipo 190, o teste de Tukey não detectou diferença entre as médias (Figura 5). Isso ocorre devido ao teste apresentar maior rigidez com relação a outros testes de comparação de médias.

**TABELA 3.** Análise de variância (teste F) para o crescimento em altura das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações.

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	
		Genótipo 167	Genótipo 190
Concentrações (F1)	2	0,00240 *	0,00056 <sup>ns</sup>
Frequência de aplicação (F2)	1	0,00001 <sup>ns</sup>	0,00263 *
Interação (F1xF2)	2	0,00038 <sup>ns</sup>	0,00135 <sup>ns</sup>
Resíduo	18	0,00067	0,00051
<b>Total</b>	<b>23</b>		
Coeficiente de variação (%)		6,4	8,99
Teste de Bartlett (X <sup>2</sup> )		1,75 <sup>ns</sup>	2,02 <sup>ns</sup>

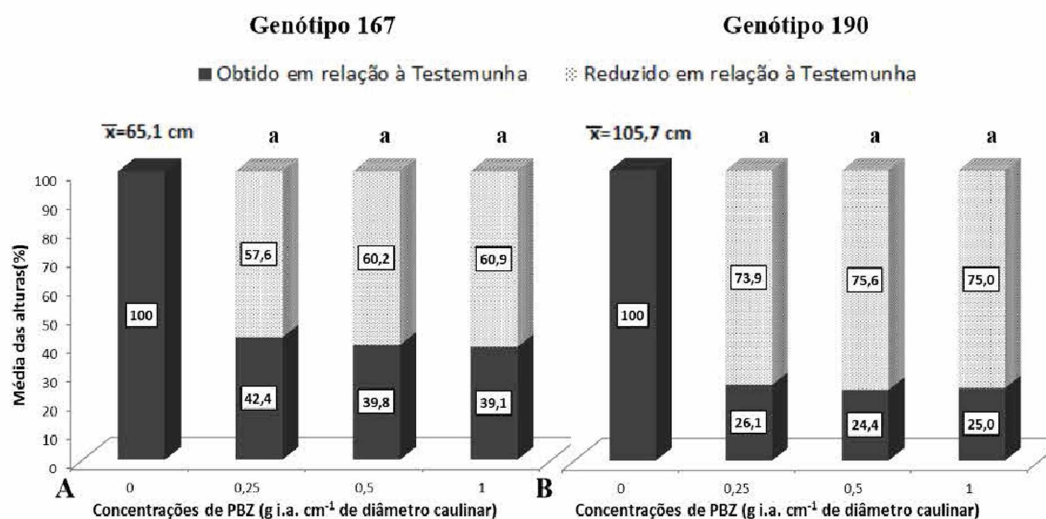
\*\* = significativo a 1% de probabilidade; \* = significativo a 5% de probabilidade; ns= não significativo.

Apesar de não diferir estatisticamente entre si, todas as concentrações utilizadas provocaram redução do crescimento em altura em relação à testemunha, nos dois genótipos, tanto na primeira quanto na segunda aplicação (Figura 5).

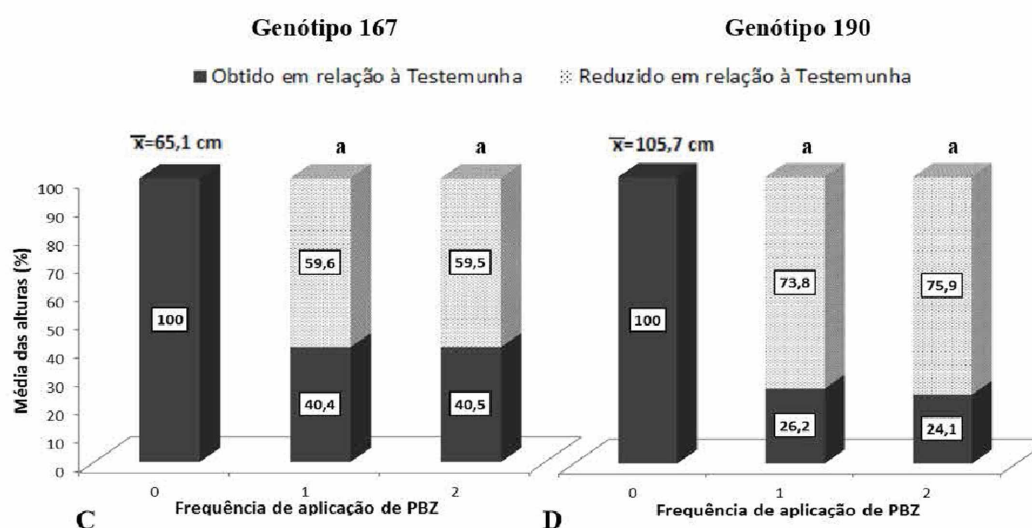
Numericamente, ao analisar as médias do efeito das concentrações para o genótipo 167 a maior redução do crescimento ocorreu com a maior concentração, 1,0g i.a. PBZ, 60,9%, em comparação às menores concentrações (60,2% - 0,50g i.a. e 57,6% - 0,25g i.a.). Já a altura para o genótipo 190, a maior redução ocorreu com a concentração de 0,50g i.a. (75,6%) (Figura 5).

Para as plantas do genótipo 190, a dupla aplicação, por mais que não tenha apresentado diferença estatística, provocou maior redução do crescimento em altura quando comparada à aplicação única, 75,9% e 73,8%, respectivamente, diferente do encontrado para o genótipo 167, em que a redução foi praticamente a mesma na primeira e segunda aplicação (Figura 5).

### Média das concentrações de PBZ x Altura



### Média das frequências de aplicação de PBZ x Altura



Médias seguidas da mesma letra minúscula nos histogramas de cada Figura não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**FIGURA 5.** Resultados do teste de comparação de médias para o crescimento em altura das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações. **A.** Genótipo 167: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). **B.** Genótipo 190: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). **C.** Genótipo 167: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação). **D.** Genótipo 190: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação).  $\bar{x}$ . Corresponde a média numérica em cm do crescimento em altura das plantas testemunhas.

A redução na altura de plantas expostas ao paclobutrazol é uma das respostas esperadas, pois o PBZ é considerado um regulador vegetal utilizado com finalidade de controlar o crescimento vegetativo (MILFONT et al., 2008). Esse regulador atua inibindo a síntese de giberelina, um dos hormônios responsáveis pelo alongamento e divisão celular, fazendo com que a planta reduza ou mesmo cesse o seu crescimento, podendo deslocar suas reservas para a produção de flores e frutos (VAZ et al., 2012) e portanto induzir a floração em condições não indutivas.

O PBZ ao inativar proteínas transportadoras de elétrons associadas ao metabolismo vegetal, acaba por interromper diversas rotas metabólicas (LACERDA et al., 2007), dentre elas, a atividade da enzima caureno oxidase e como consequência, inibe a conversão de ent-caureno para ácido ent-caurenóico, resultando em redução nos níveis de ácido giberélico, com consequente diminuição na taxa de alongação e divisão celular, porém sem causar fitotoxicidade (FLETCHER et al., 2000), o que foi corroborado com o presente experimento, no qual não houve mortalidade por ação do PBZ e sim redução na altura de todas as plantas tratadas com PBZ.

Em outras pesquisas com o pinhão-manso, resultados semelhantes também foram encontrados, como por Ghosh et al. (2010), os quais ao aplicar PBZ nas concentrações de 0; 0,75; 1,00; 1,25 e 1,50 g i.a. de PBZ por metro de diâmetro da copa em plantas com dois anos de idade, em cultivo a campo, obtiveram redução significativa ( $p < 0,05$ ) em altura diretamente relacionada com a concentração do regulador, atingindo os menores incrementos após 16 meses da aplicação com as doses de 1,00g; 1,25g e 1,50g i.a.

Donini et al. (2012), trabalhando com pinhão-manso em cultivo a campo no município de Pelotas, estado do Rio Grande do Sul, aplicaram concentrações crescentes de PBZ (1g, 2g e 3g, diluídas em 5L, por planta) em dois momentos distintos. Na primeira safra, após a primeira aplicação, não houve alteração decorrente do uso do PBZ, já após a segunda aplicação, no segundo ano de análise, todas as concentrações provocaram redução na altura das plantas quando comparadas à testemunha. Apesar das concentrações 1g e 2g não diferirem estatisticamente entre si ou mesmo da testemunha, proporcionaram menor crescimento numérico quanto maior foi a concentração. Já a maior concentração, com 3g, reduziu o crescimento em altura de forma significativa, apresentando o menor crescimento.

Para algumas culturas são indicadas concentrações repetidas do regulador para que haja o efeito desejado, como é o caso da mangueira, para a qual são indicadas de

duas a três aplicações após dois fluxos vegetativos e da poda pós-colheita (MOUCO, 2008). Ao mesmo tempo, a elevada estabilidade do paclobutrazol no solo e o baixo metabolismo na planta fazem com que sua degradação seja muito lenta (FLETCHER et al., 2000) e conseqüentemente continue residual no solo e atue em plantas arbóreas durante vários meses ou até alguns anos (GHOSH et al., 2010).

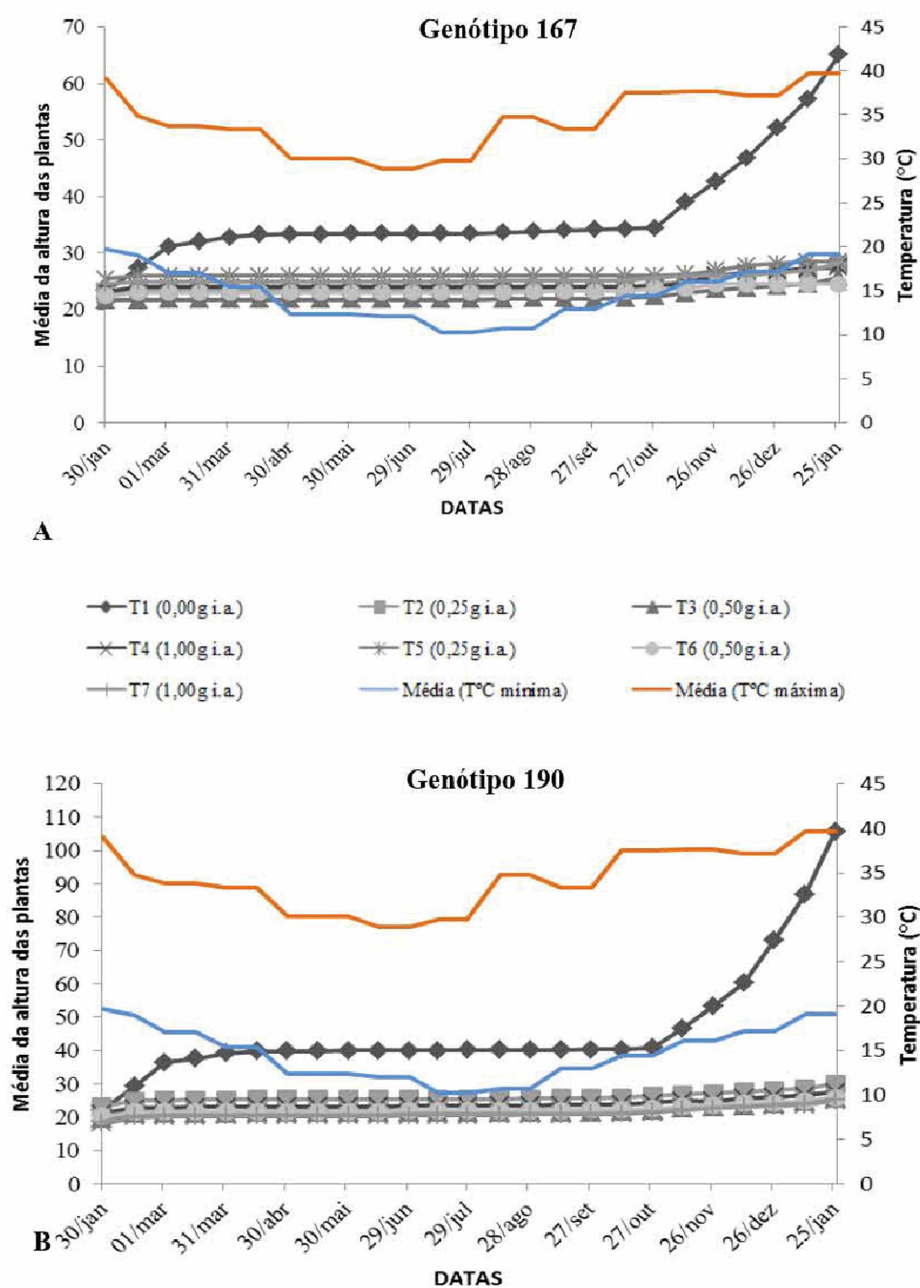
Como o PBZ inibiu o crescimento em altura de todas as plantas de pinhão-manso tratadas com o regulador, o seu uso pode ser uma excelente alternativa de manipulação da densidade de plantio, ajustando a população de plantas ao máximo rendimento produtivo, maximizando assim, o retorno por unidade de área, o que é muito relevante para a espécie, uma vez que esta apresenta elevado crescimento vegetativo, com muitos ramos e folhas, além de favorecer e muito o cultivo em ambiente protegido.

Ao analisar o crescimento em altura das plantas ao longo do período de condução do experimento e as médias das temperaturas mínimas e máximas (Figura 6) percebe-se que os dois genótipos de pinhão-manso apresentam sensibilidade às baixas temperaturas, reduzindo drasticamente o crescimento com a queda da temperatura, retomando-o com o aumento da temperatura. Esse padrão de crescimento foi semelhante tanto para as plantas testemunhas como para aquelas tratadas com o PBZ (Figura 6), indicando que o PBZ limitou o alongamento e divisão celular, porém sem alterar o padrão de crescimento.

Oliveira et al. (2014) estudando o pinhão-manso em plantio a campo no município de Pelotas, no estado do RS, também na região sul do país, constataram um padrão fenológico bem definido para a espécie, com um período dormente durante o outono e inverno, diferente do encontrado em regiões de clima mais quente, como no município de Teresina, estado do Piauí, onde as plantas de pinhão-manso apresentam além de crescimento vegetativo, produção contínua de frutos e conseqüentemente não entram em dormência (ARAUJO; RIBEIRO, 2008).

Observa-se também que a aplicação do PBZ inibiu o crescimento em altura de forma quase que imediata a sua aplicação (1ª aplicação: 31/01/2014 - Figura 6) mantendo a altura das plantas próximas a altura inicial durante todo o experimento.

O PBZ apresenta tempos de ação diferentes em cada tecido e possivelmente os tecidos meristemáticos são aqueles mais sensíveis a ação do regulador, por isso a resposta quase que instantânea da redução do crescimento apical do caule.



**FIGURA 6.** Eixo vertical principal: média das alturas (cm) das plantas de pinhão-manso a cada 30 dias durante a condução do experimento (30/01/2014 a 26/01/2015) para os tratamentos T1 (sem PBZ), T2 (0,25g i.a.), T3 (0,50g i.a.) e T4 (1,00g i.a.) com única aplicação de PBZ e T5 (0,25g i.a.), T6 (0,50g i.a.) e T7 (1,00g i.a.) com dupla aplicação de PBZ. Eixo vertical secundário: média mensal das temperaturas mínimas e máximas. **A.** Genótipo 167 com todos os tratamentos. **B.** Genótipo 190 com todos os tratamentos. 1ª aplicação de PBZ: 31/01/2014; 2ª aplicação: 01/05/2014.

### 4.3 Diâmetro

Com relação ao diâmetro, de acordo com a análise estatística, os fatores foram independentes para os dois genótipos. No entanto, quando analisados isoladamente, os fatores concentração e frequência de aplicação se mostraram significativos ( $p < 0,05$  e  $p < 0,01$ , respectivamente) apenas para o genótipo 167 (Figura 7).

**TABELA 4.** Análise de variância (teste F) para o crescimento em diâmetro das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações.

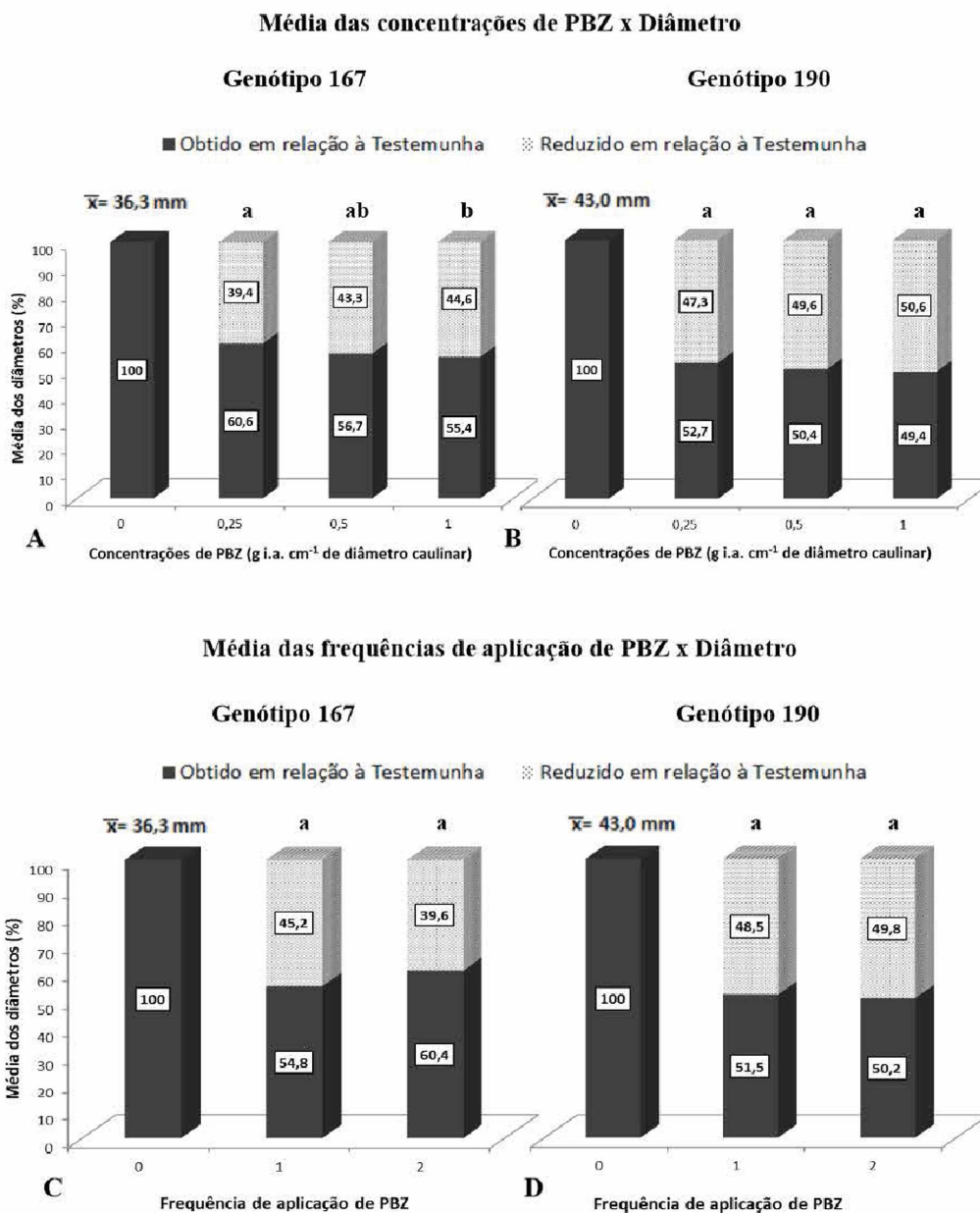
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	
		Genótipo 167	Genótipo 190
Concentrações (F1)	2	0,00586 *	0,00223 <sup>ns</sup>
Frequência de aplicação (F2)	1	0,01897 **	0,00102 <sup>ns</sup>
Interação (F1xF2)	2	0,00032 <sup>ns</sup>	0,00036 <sup>ns</sup>
Resíduo	18	0,00164	0,00110
Total	23		
Coefficiente de variação (%)		7,03	6,53
Teste de Bartlett (X <sup>2</sup> )		5,40 <sup>ns</sup>	3,27 <sup>ns</sup>

\*\* = significativo a 1% de probabilidade; \* = significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo.

Para genótipo 167, a redução média do diâmetro em relação à testemunha teve maior efeito com a maior concentração de PBZ. O tratamento com aplicação de 1,00g i.a. PBZ provocou redução significativamente maior em relação à testemunha, 44,6%, em comparação a aplicação de 0,25g i.a., a qual apresentou redução de apenas 39,4% (Figura 7).

Apesar de não apresentar diferença estatística, o tratamento com a maior concentração, nas plantas do genótipo 190, também gerou a maior redução em diâmetro na ordem de 50,6% enquanto que com a concentração mais fraca, a redução foi de 47,3% (Figura 7).

Para o jatobá (*Hymenaea courbaril*) a aplicação do PBZ em plantas com 18 meses após a semeadura, também provocou redução significativa no crescimento em diâmetro em comparação à testemunha e aos demais tratamentos (GA e Ethephon) ( $p < 0,01$ ), inclusive, quanto maior a concentração utilizada maior foi a redução (MORAIS et al., 2013).



Médias seguidas da mesma letra minúscula nos histogramas de cada Figura não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**FIGURA 7.** Resultados do teste de comparação de médias para o crescimento em diâmetro das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações. **A.** Genótipo 167: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). **B.** Genótipo 190: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). **C.** Genótipo 167: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação). **D.** Genótipo 190: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação).  $\bar{x}$ . Corresponde a média numérica em mm do crescimento em diâmetro das plantas testemunhas.



De maneira geral, todas as concentrações e frequências de aplicação se mostraram eficientes em reduzir o crescimento em diâmetro em relação à testemunha, divergindo do sugerido por Davis e Curry (1991), os quais relatam que uma das ações do PBZ é causar aumento do diâmetro caulinar.

O tratamento frequência de aplicação de PBZ também se mostrou significativo para o genótipo 167, com a aplicação de uma única vez do regulador provocando as maiores reduções do que quando aplicado duas vezes, 45,2% e 39,6%, respectivamente. Ramos (2011), ao aplicar diferentes reguladores vegetais, dentre eles o cloreto de cloromequat (tuval® – também um inibidor da biossíntese de GA), em mudas de pinhão-manso provenientes de estacas em dois momentos distintos, verificou semelhança nos resultados obtidos, constatando que o incremento em diâmetro posterior aos 90 dias da segunda aplicação foi maior do que com a primeira aplicação.

De maneira geral, todas as concentrações e frequências de aplicação se mostraram eficientes em reduzir o crescimento em diâmetro em relação à testemunha, divergindo do sugerido por Davis e Curry (1991), os quais relatam que uma das ações do PBZ é causar aumento do diâmetro caulinar, provavelmente por aumentar a produção de Et e reduzir a de GA, os quais, respectivamente, atuam um na promoção do crescimento em diâmetro e outro normalmente está associado ao alongamento em altura caulinar. Além do balanço hormonal, a precoce queda foliar das plantas tratadas com PBZ pode também ser responsável pelo menor incremento em diâmetro, uma vez que não houve então o tempo necessário para translocar as reservas das folhas para o crescimento em diâmetro, tanto pela queda como pela ausência de folhas ao longo da condução do experimento (Figura 16).

No entanto, como o crescimento em diâmetro nas angiospermas comumente está associado ao alongamento e produção de novas células pelo procâmbio que origina o câmbio fascicular e pela atividade meristemática do câmbio interfascicular, os quais em conjunto controlam a produção de elementos axiais e radiais secundários no caule (APPEZZATO-DA-GLORIA; CARMELLO-GUERREIRO, 2006), o uso de reguladores, como o PBZ, que atuam sobre a expansão e divisão celular podem além de reduzir o crescimento em altura, alterar o diâmetro de alguns órgãos das plantas, como ocorre para o diâmetro caulinar em citrus (*Citrus volkameriana*) (SIQUEIRA et al., 2008) e para o diâmetro de frutos como a banana, cultivar “Prata-Anã” (CAVATTE, et al., 2012).

Além disso, os inibidores da biossíntese de GA inibem a atividade geral de muitas classes de enzimas (monooxigenases, dioxigenases), conseqüentemente, não são inibidores específicos da biossíntese de GA. As monooxigenases P450, por exemplo, são uma família muito grande de enzimas que catalisam oxidações de muitas outras rotas metabólicas, além da síntese de GA, e é possível ainda, que os compostos tipo triazol possam inibir isoformas específicas da enzima monooxigenase (RADEMACHER, 2000). Os triazóis também podem alterar os níveis de ácido abscísico (ABA), etileno, citocininas (FLETCHER et al., 2000) e auxinas (DAVIS; CURRY, 1991), porém, ainda sem apresentar resultados fisiológicos claros dos efeitos dos reguladores em cada um desses hormônios (RADEMACHER, 2000).

Em experimento com cloreto de mepiquat, outro inibidor da síntese de GA, Oliveira et al. (2008) ao utilizar outra metodologia, encontraram resultados diferentes para o pinhão-manso. Sementes de pinhão-manso foram embebidas por oito horas em diferentes concentrações do regulador e aos 120 dias da emergência o diâmetro e outras variáveis foram analisadas, não havendo influência da aplicação em relação à testemunha quanto ao crescimento em diâmetro somente quanto à altura.

Já Siqueira et al. (2008) ao aplicarem 0; 75; 150 e 225 mg i.a. de PBZ por planta em citrus (*C. volkameriana*) identificaram que o regulador proporcionou redução na parte aérea da planta, sendo o diâmetro reduzido de forma significativa em relação as plantas que receberam concentrações de PBZ + GA<sub>3</sub>, indicando que a aplicação de PBZ reduz o crescimento em diâmetro e a giberelina atua de maneira antagônica podendo até mesmo reverter o efeito do PBZ. Esse resultado está de acordo com o proposto por Davis e Curry (1991) os quais indicam o PBZ como inibidor da biossíntese e não dos mecanismos de ação de GA.

Em contrapartida, o tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado em ambiente protegido com a aplicação de paclobutrazol aos 15 dias da sementeira, nas concentrações de 50 e 100 mg L<sup>-1</sup>, apresentou aumento do diâmetro da haste em todas as datas de análise (SELEGUINI, 2007).

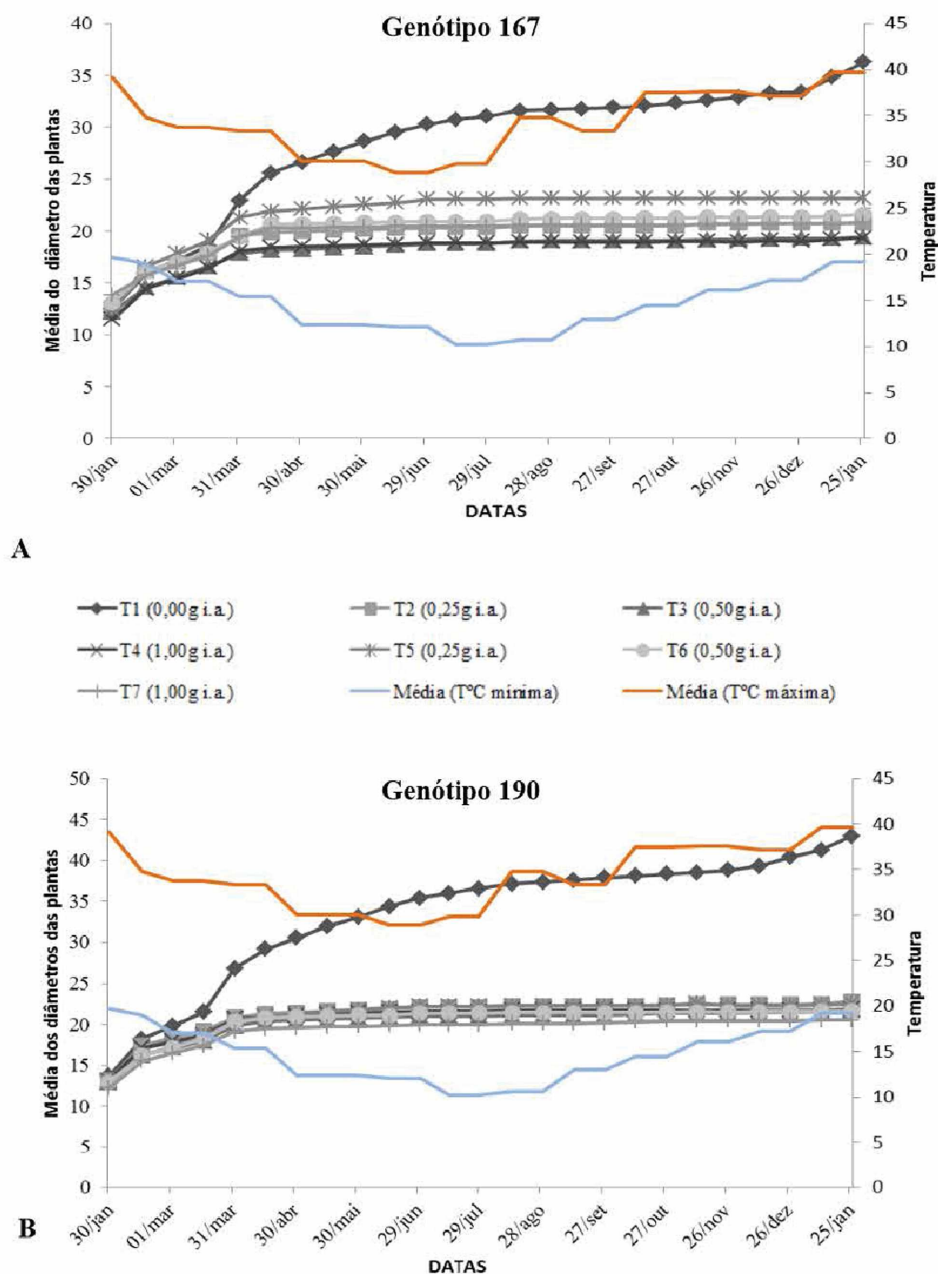
A inexistência de um padrão único de efeito do PBZ sustenta as afirmativas de que além deste ser efetivo em diferentes rotas metabólicas, as concentrações e frequências, a espécie, a idade fisiológica, o estado nutricional e as condições hídricas e climáticas de condução do experimento interferem nas respostas vegetativas e reprodutivas.

Quando se analisa o crescimento em diâmetro durante todo o período de condução do experimento para os dois genótipos (Figura 8) percebe-se que as plantas testemunhas de pinhão-manso apresentaram um rápido crescimento inicial até o mês de abril reduzindo a intensidade de incremento em diâmetro até o mês de dezembro, quando o crescimento torna-se, novamente, mais acentuado. Tudo indica que este padrão de crescimento esteja, também, relacionado com a temperatura ambiente e quanto maior a temperatura maior a atividade cambial.

Padrão similar foi evidenciado para as plantas tratadas com PBZ, as quais apresentaram padrões de crescimento semelhantes às plantas não tratadas, porém com menor intensidade (Figura 8).

Diferentemente do que foi encontrado para o crescimento em altura, os efeitos do PBZ ficaram evidentes apenas a partir do final do mês de março (quase 60 dias após a aplicação – Figura 8), quando houve inibição do crescimento em diâmetro nas plantas tratadas com o regulador, provavelmente em decorrência da acentuada queda foliar e redução, portanto, na produção de fotoassimilados. As plantas tratadas com PBZ mantiveram um número de folhas próximo ou igual a zero do fim de março ao início de agosto de 2014 (Figura 16).

Essa diferença de respostas dos diferentes tecidos ao PBZ, possivelmente decorre da natureza do tecido, pois enquanto o crescimento caulinar está diretamente associado a ação do meristema apical do caule, um meristema primário, o crescimento em diâmetro está relacionado com meristemas secundários.



**FIGURA 8.** Eixo vertical principal: média dos diâmetros (mm) das plantas de pinhão-mansô a cada 30 dias durante a condução do experimento (30/01/2014 a 26/01/2015) para os tratamentos T1 (sem PBZ), T2 (0,25g i.a.), T3 (0,50g i.a.) e T4 (1,00g i.a.) com única aplicação de PBZ e T5 (0,25g i.a.), T6 (0,50g i.a.) e T7 (1,00g i.a.) com dupla aplicação de PBZ. Eixo vertical secundário: média mensal das temperaturas mínimas e máximas. **A.** Genótipo 167 com todos os tratamentos. **B.** Genótipo 190 com todos os tratamentos. 1ª aplicação de PBZ: 31/01/2014; 2ª aplicação: 01/05/2014.

#### 4.4 Número de entrenós

A análise do número de entrenós revelou que os fatores estudados são independentes para os dois genótipos (Tabela 5). Para o genótipo 167, os tratamentos analisados de forma independente não foram significativos (Figura 9). Para o genótipo 190, a dupla aplicação do PBZ provocou maior redução no número de entrenós, apresentando redução de 63,3% do número de entrenós em relação ao tratamento sem o PBZ, diferindo estatisticamente da aplicação única do regulador ( $p < 0,01$ ), que reduziu apenas 56,2% em comparação à testemunha (Figura 9).

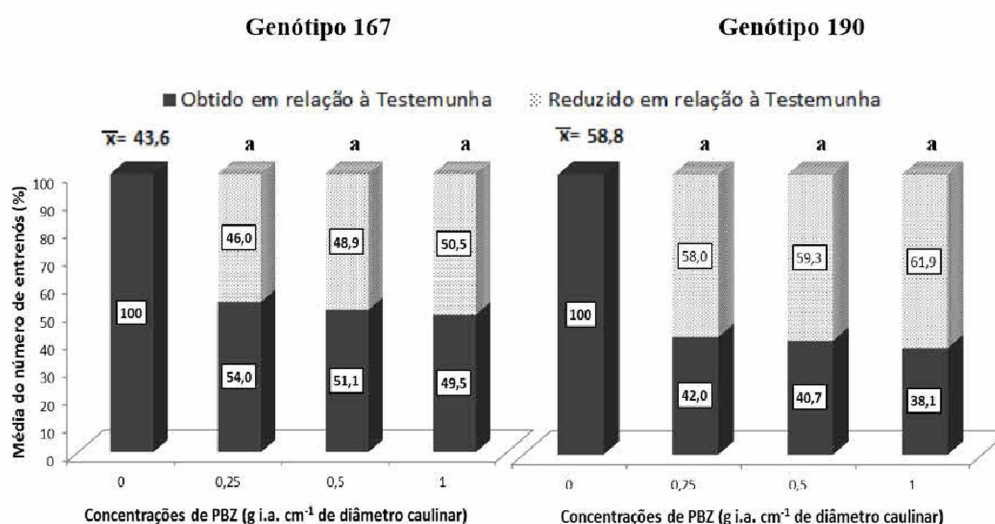
Em conjunto, os tratamentos apresentaram redução no número de entrenós em relação à testemunha (Figura 9), indicando que o PBZ possivelmente atua em rotas metabólicas associadas, também, à formação das gemas as quais contêm os meristemas apicais para a formação de ramos laterais (meristemas axilares) (RADEMACHER, 2000). Trewavas (1981) sugere que a sensibilidade de um tecido vegetal a um regulador depende da idade do mesmo e da presença da proteína receptora do regulador, ou seja, da concentração do complexo proteína receptora/regulador vegetal. Assim, alterações na formação de gemas, podem estar relacionadas à sensibilidade fisiológica do tecido, ou seja, a capacidade e a intensidade de respostas aos estímulos.

**TABELA 5.** Análise de variância (teste F) para o número de entrenós das plantas de pinhão-mansão em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações.

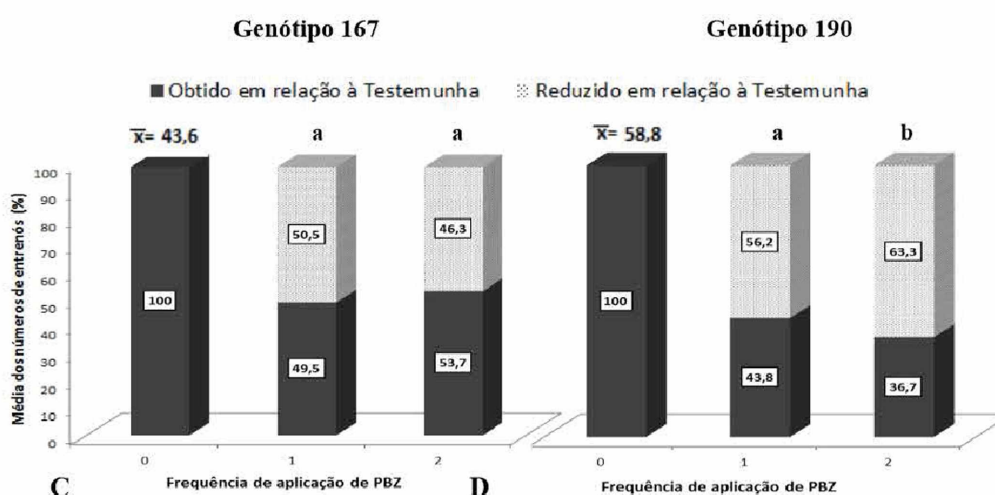
Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	
		Genótipo 167	Genótipo 190
Concentrações (F1)	2	0,00411 <sup>ns</sup>	0,00322 <sup>ns</sup>
Frequência de aplicação (F2)	1	0,01061 <sup>ns</sup>	0,03055 <sup>**</sup>
Interação(F1xF2)	2	0,00035 <sup>ns</sup>	0,00310 <sup>ns</sup>
Resíduo	18	0,00273	0,00148
<b>Total</b>	<b>23</b>		
<b>Coefficiente de variação (%)</b>		10,14	9,56
<b>Teste de Bartlett (X<sup>2</sup>)</b>		5,88 <sup>ns</sup>	3,05 <sup>ns</sup>

\*\* = significativo a 1% de probabilidade; \* = significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo.

### Média das concentrações de PBZ x Número de entrenós



### Média das frequências de aplicação de PBZ x Número de entrenós



Médias seguidas da mesma letra minúscula nos histogramas de cada Figura não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**FIGURA 9.** Resultados do teste de comparação de médias para o número de entrenós das plantas de pinhão-mansão em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações. **A.** Genótipo 167: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). **B.** Genótipo 190: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). **C.** Genótipo 167: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação). **D.** Genótipo 190: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação).  $\bar{x}$ . Corresponde a média numérica do número de entrenós das plantas testemunhas.

O desenvolvimento das plantas inicia-se com a embriogênese, quando se formam os meristemas primários apicais (de raiz e caule), e perpetua-se com a formação de meristemas e células indiferenciadas que detêm a capacidade de divisão celular indefinidamente. São essas células que representam a fonte final de todas as células no meristema e que darão origem a todo o resto da planta – raízes, folhas, ramos, etc. Os meristemas secundários, de inflorescências, intercalares e laterais também podem estar presentes em menor ou maior grau dependendo da espécie, da idade fisiológica, da condição nutricional, dos estímulos ambientais, dentre outros fatores, indicando que todo e qualquer evento de divisão, alongamento e diferenciação celular são múltiplos fatores dependentes (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Muitas pesquisas apontam a ação ananizante do PBZ devido ao encurtamento dos entrenós e não à redução no número destes. Para a mandioca, da mesma família do pinhão-manso, a aplicação de PBZ provocou aumento no número de entrenós, porém estes tiveram o seu comprimento reduzido, culminando com a redução do crescimento em altura (MEDINA et al., 2012).

Em contrapartida, os resultados encontrados na presente pesquisa e também por Asao et al. (1996) ao avaliarem os efeitos da aplicação foliar de PBZ (12,5 ou 100 mg L<sup>-1</sup>) no crescimento e produção de tomateiro cultivado em hidroponia, indicam que para o pinhão-manso e para o tomateiro, o paclobutrazol reduziu o número de entrenós e conseqüentemente o número de nós por planta, o que pode culminar em redução da altura das plantas e formação de novos ramos e folhas.

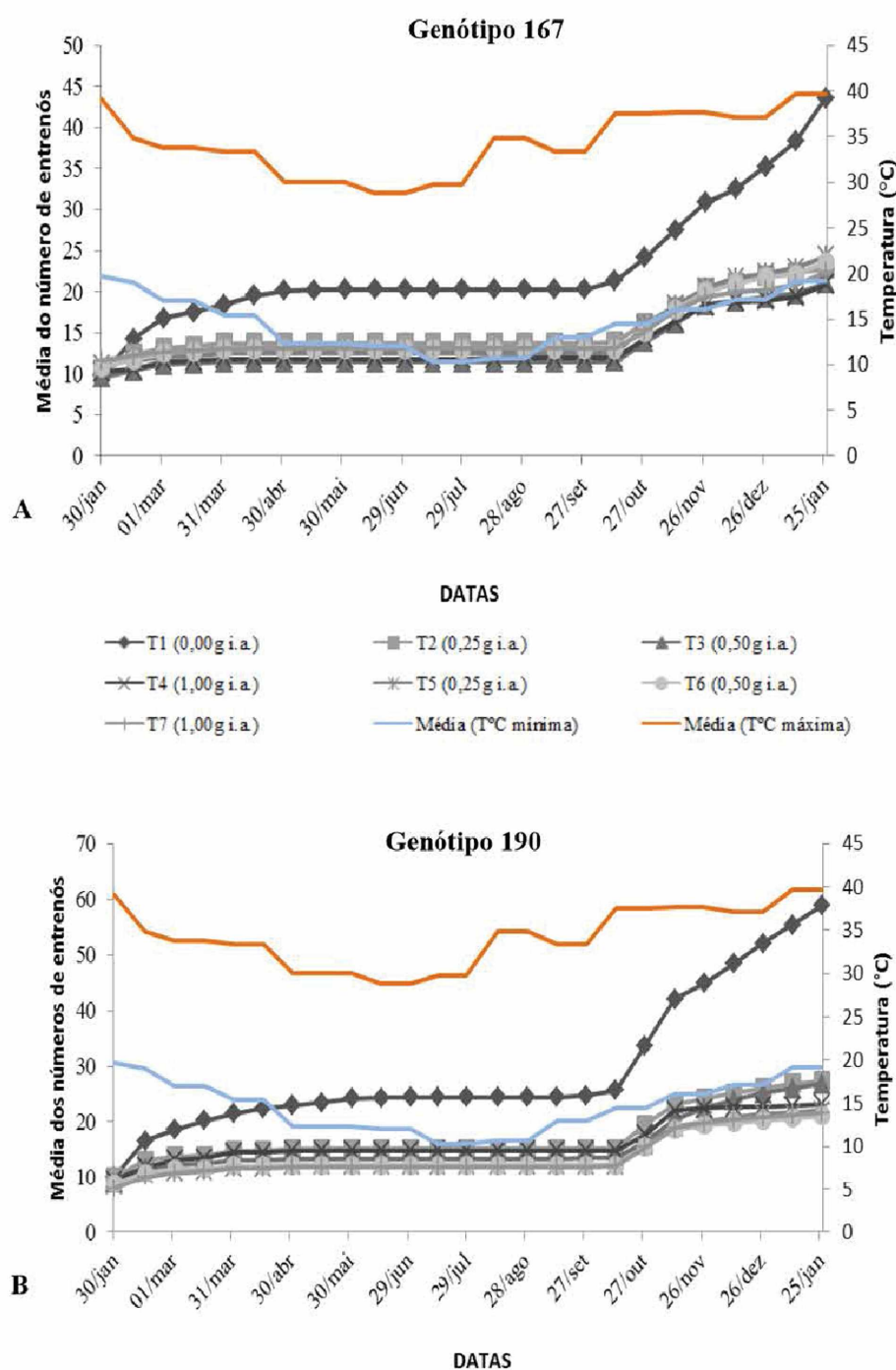
Para o pinhão-manso, a redução no número de ramos, desde que não afete a produtividade, pode de fato se configurar como positiva, pois devido ao elevado crescimento vegetativo, principalmente pelo excesso de ramos que ocorre desde a sua base, o manejo da espécie se torna dispendioso e dificulta a implantação de colheita mecanizada (AVELAR, 2009) e ao mesmo tempo alterações na arquitetura das plantas podem ser positivas ao propiciarem maior eficiência no uso da luz e permitirem maior adensamento de plantas por área (LARCHER, 2006).

Cunha et al. (2009) implantaram experimento na cidade de Altamira, no estado do Pará, em sistema de dois espaçamentos distintos obtendo como resultados redução no crescimento vegetativo e queda na produtividade quanto menor foi o espaçamento, indicando que para o pinhão-manso o aumento da população de plantas provoca competição por nutrientes, água, luz e CO<sub>2</sub> (PETINARI et al., 2012).

Ao analisar as respostas das plantas de pinhão-manso dos dois genótipos quanto ao número de entrenós durante todo o período de condução do experimento (Figura 10) percebe-se um padrão muito semelhante ao crescimento em altura e em diâmetro em relação à temperatura, com o aumento do número de entrenós para as plantas não tratadas, durante os meses mais quentes (janeiro – abril/2014) e redução na formação destes nos meses mais frios (maio – setembro/2014) com rápido incremento no final do mês de outubro e início de novembro, quando há aumento da temperatura.

Novamente, as plantas tratadas com o PBZ apresentaram um padrão muito próximo às plantas não tratadas (Figura 10 A e B), porém com alteração quantitativa das respostas ocorrendo redução do número de entrenós aproximadamente 30 dias após a aplicação de PBZ continuando seus efeitos até o final do experimento.





**FIGURA 10.** Eixo vertical principal: média dos números de entrenós das plantas de pinhão-mansô a cada 30 dias durante a condução do experimento (30/01/2014 a 26/01/2015) para os tratamentos T1 (sem PBZ), T2 (0,25g i.a.), T3 (0,50g i.a.) e T4 (1,00g i.a.) com única aplicação de PBZ e T5 (0,25g i.a.), T6 (0,50g i.a.) e T7 (1,00g i.a.) com dupla aplicação de PBZ. Eixo vertical secundário: média mensal das temperaturas mínimas e máximas. **A.** Genótipo 167 com todos os tratamentos. **B.** Genótipo 190 com todos os tratamentos. 1ª aplicação de PBZ: 31/01/2014; 2ª aplicação: 01/05/2014.

#### 4.5 Comprimento dos entrenós

A análise de variância (Tabela 6) revelou que para a variável comprimento dos entrenós, a interação entre os fatores concentrações e frequência de aplicação de PBZ não foi estatisticamente significativa para nenhum dos genótipos, indicando que estes fatores são independentes.

Por mais que a análise de variância tenha indicado significância no efeito das concentrações sobre o comprimento dos entrenós em plantas do genótipo 167 e significância das frequências de aplicação para ambos os genótipos, o teste de Tukey detectou diferença, apenas entre as médias do genótipo 167 quanto à frequência de aplicação (Figura 11).

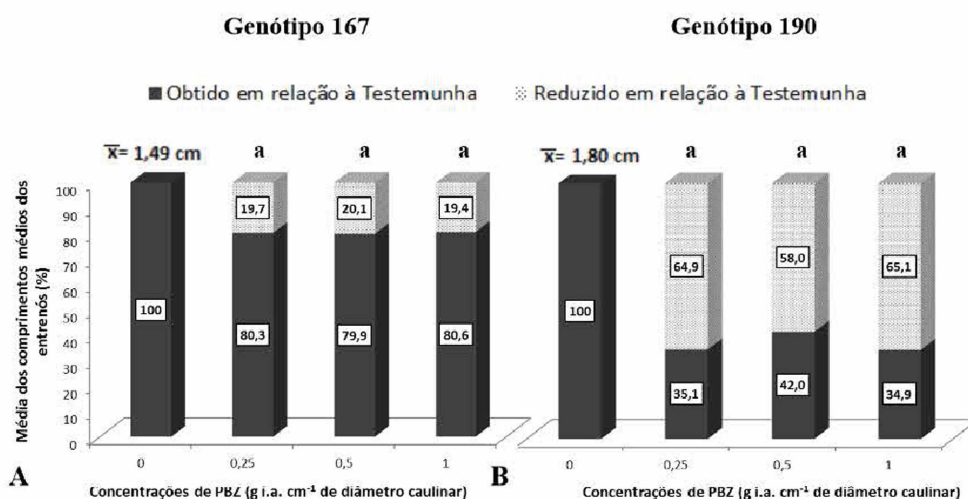
**TABELA 6.** Análise de variância (teste F) para o comprimento de entrenós das plantas de pinhão-mansão em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações.

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	
		Genótipo 167	Genótipo 190
Concentrações (F1)	2	0,00008 *	0,01304 <sup>ns</sup>
Frequência de aplicação (F2)	1	0,03023 *	0,00000 *
Interação (F1x F2)	2	0,00137 <sup>ns</sup>	0,02273 <sup>ns</sup>
Resíduo	18	0,00404	0,00751
Total	23		
Coeficiente de variação (%)		7,91	8,70
Teste de Bartlett (X <sup>2</sup> )		4,29 <sup>ns</sup>	7,73 <sup>ns</sup>

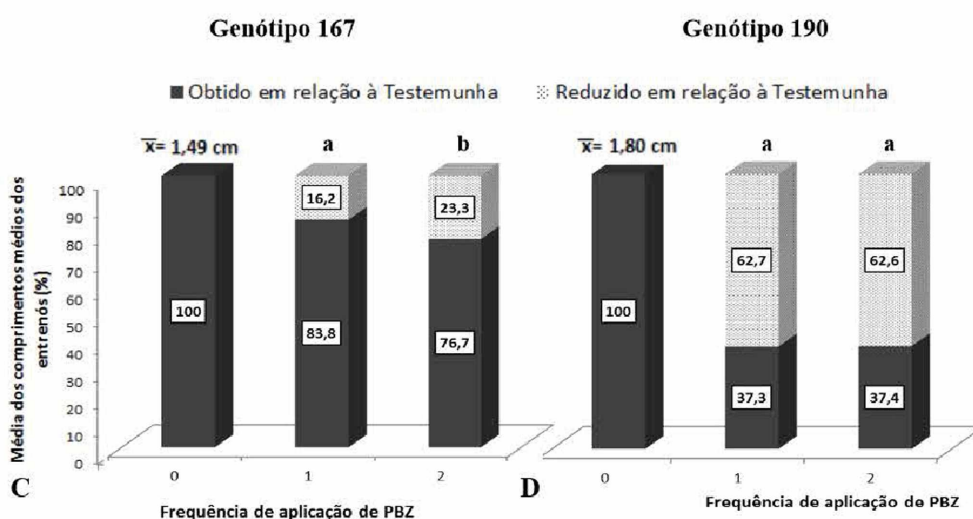
\*\* = significativo a 1% de probabilidade; \* = significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo.

A redução do comprimento dos entrenós com a aplicação de PBZ ocorreu para todas as concentrações e frequências de aplicação (Figura 11), sendo esta significativa para o genótipo 167 ( $p < 0,05$ ), com a dupla aplicação de PBZ provocando uma redução de 23,3%, enquanto com aplicação única a redução foi de 16,2% em relação à testemunha. Esses resultados sustentam que a segunda aplicação de PBZ pode atuar como um reforço e permitir a intensificação de alguns efeitos, porém como não houve interação, torna-se difícil qualquer inferência quanto à relação da frequência com as doses utilizadas.

### Concentrações de PBZ x Comprimento médio dos entrenós



### Média das frequências de aplicação de PBZ x Comprimento médio dos entrenós



Médias seguidas da mesma letra minúscula nos histogramas de cada Figura não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**FIGURA 11.** Resultados do teste de comparação de médias para o crescimento médio dos entrenós das plantas de pinhão-mansão em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações. **A.** Genótipo 167: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). **B.** Genótipo 190: médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). **C.** Genótipo 167: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação). **D.** Genótipo 190: médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação).  $\bar{x}$ . Corresponde a média numérica em cm do comprimento médio dos entrenós das plantas testemunhas.

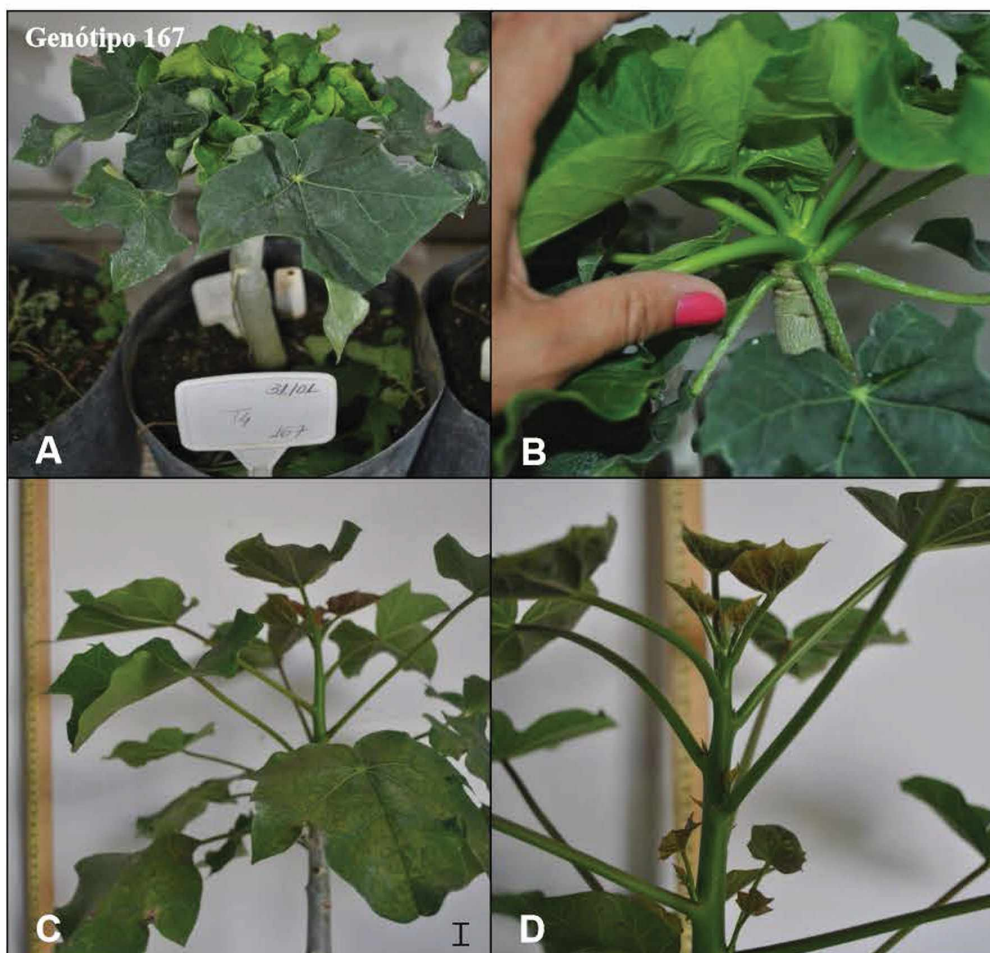
A redução no comprimento dos entrenós na espécie foi relatada também por Ghosh et al. (2010) o qual percebeu maior redução significativa ( $p < 0,05$ ) a medida que se aumentava as concentrações de PBZ.

Este efeito de redução do alongamento caulinar atribuído à redução do comprimento dos entrenós já foi relatado em diversas culturas, como: na mandioca, (Euphorbiaceae) (MEDINA et al., 2012), em tomateiro (Solanaceae) (SELEGUINI, 2007), eucalipto (Myrtaceae) (MORAES, 2007), citrus (Rutaceae) (SIQUEIRA et al., 2008), oliveira (Oliaceae) (OLIVEIRA et al., 2012a), macieira (Rosaceae) (SANTOS et al., 2012), milho (Poaceae) (XU et al., 2004), dentre outras.

De acordo com Rademacher (2000) a redução na biossíntese de giberelinas, provocada pelo paclobutrazol, afeta a alongação das células e, em menor grau, a divisão celular, conseqüentemente o efeito morfológico sobre a planta é a redução do crescimento vegetativo que segundo Berova e Zlatev (2000), se dá principalmente pela compressão dos entrenós.

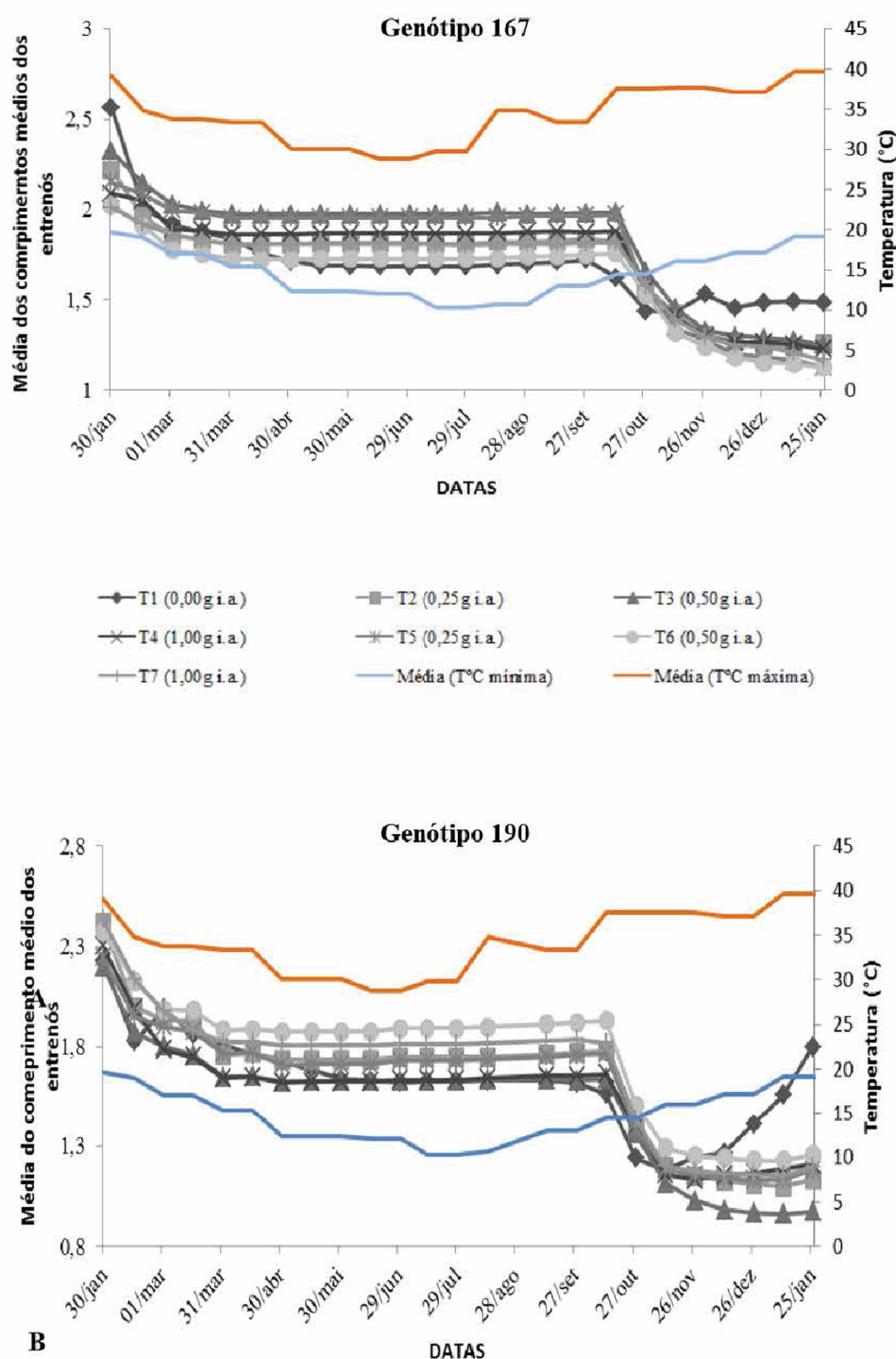
Apesar de não ter sido quantificado na presente pesquisa, notou-se redução também no comprimento dos ramos e pecíolo das folhas (Figura 12), resultado semelhante ao descrito por Ghosh et al. (2010), os quais consideraram como positivos, pois podem a longo prazo reduzir a necessidade de poda do arbusto, e como consequência, não alterar a produtividade, visto que a poda para o pinhão-manso pode acarretar em perdas na frutificação, uma vez que a frutificação pode ocorrer ao longo do ano quando em clima favorável. Ainda, a compactação do arbusto como um todo devido à supressão do crescimento epígeo causado pela aplicação de PBZ pode ser extremamente desejável por uma variedade de razões, incluindo a melhora na penetração da luz solar no dossel e camadas abaixo e por evitar a quebra dos ramos em áreas sujeitas a ventos fortes (GHOSH et al., 2010), ainda, favorecer a colheita mecanizada, uma vez que segundo Dias et al. (2007), a fragilidade dos longos ramos de pinhão manso, também, se configuram como entraves à sua implantação.

A arquitetura da vegetação afeta não somente as trocas de matéria e energia entre a planta e o ambiente (NORMAN; CAMPBELL, 1989) como também a produtividade e o manejo da cultura. Nesse sentido, o arranjo das folhas, principalmente aquelas da copa, está diretamente relacionado com o aproveitamento de luz e com a eficiência fotossintética das plantas (HIROSE, 2005).



**FIGURA 12.** Plantas de pinhão-mansó com aplicação de PBZ (A e B) e sem aplicação (C e D). **A:** adensamento das folhas na região apical e redução do comprimento do pecíolo das folhas. **B:** redução do comprimento dos entrenós. Plantas sem aplicação de PBZ. **C:** arquitetura da planta com os longos pecíolos. **D:** comprimento dos entrenós sem aplicação do PBZ. Genótipo 167. Fonte: o autor (2015). Barra = 2 cm.

Ao analisar o comprimento médio dos entrenós de janeiro de 2014 a janeiro de 2015 (Figura 13) para as plantas não tratadas com o PBZ (T1) em ambos os genótipos, percebe-se redução do comprimento dos entrenós ao longo do experimento, com pequeno aumento a partir do final do mês de outubro de 2014, um comportamento diretamente relacionado com o crescimento em altura e número de entrenós.



**FIGURA 13.** Eixo vertical principal: média do comprimento médio dos entrenós (cm) das plantas de pinhão-mansinho a cada 30 dias durante a condução do experimento (30/01/2014 a 26/01/2015) para os tratamentos T1 (sem PBZ), T2 (0,25g i.a.), T3 (0,50g i.a.) e T4 (1,00g i.a.) com única aplicação de PBZ e T5 (0,25g i.a.), T6 (0,50g i.a.) e T7 (1,00g i.a.) com dupla aplicação de PBZ. Eixo vertical secundário: média mensal das temperaturas mínimas e máximas. **A.** Genótipo 167 com todos os tratamentos. **B.** Genótipo 190 com todos os tratamentos. 1ª aplicação de PBZ: 31/01/2014; 2ª aplicação: 01/05/2014.

Como o valor médio do comprimento dos entrenós foi calculado a partir da divisão entre a altura e o número de entrenós por planta, quando houve redução do crescimento em altura e/ou aumento do número de entrenós o comprimento médio destes foi reduzido. No entanto, com o aumento da temperatura a partir do mês de setembro e outubro, as plantas retomaram o crescimento em altura aumentando também o comprimento médio dos entrenós. Respostas estas que não ocorreram para as plantas tratadas com o PBZ (T2; T3; T4; T5; T6 e T7), pois mesmo com o aumento da temperatura o crescimento em altura permaneceu reduzido e como consequência o comprimento médio dos entrenós continuou em decréscimo até o final do experimento o que indica um efeito residual e sistêmico do PBZ (Figura 13).

Porém, a partir do mês de novembro até janeiro, o decréscimo foi menos acentuado, já que mesmo as plantas tratadas com PBZ tiveram um pequeno aumento em altura nesse período (Figura 6). Com esses resultados percebe-se que o PBZ exerce mais influência sobre o crescimento em altura do que na formação de novos ramos, derivados de meristemas axilares.

#### **4.6 Número de folhas**

O número de folhas em relação à testemunha foi a única variável a apresentar interação significativa entre os tratamentos, indicando que as diferentes concentrações e frequência de aplicação são dependentes, porém somente para o genótipo 167 ( $p < 0,01$ ). Para o genótipo 190 apenas o tratamento frequência de aplicação, quando analisado isoladamente, foi significativo (Tabela 7).

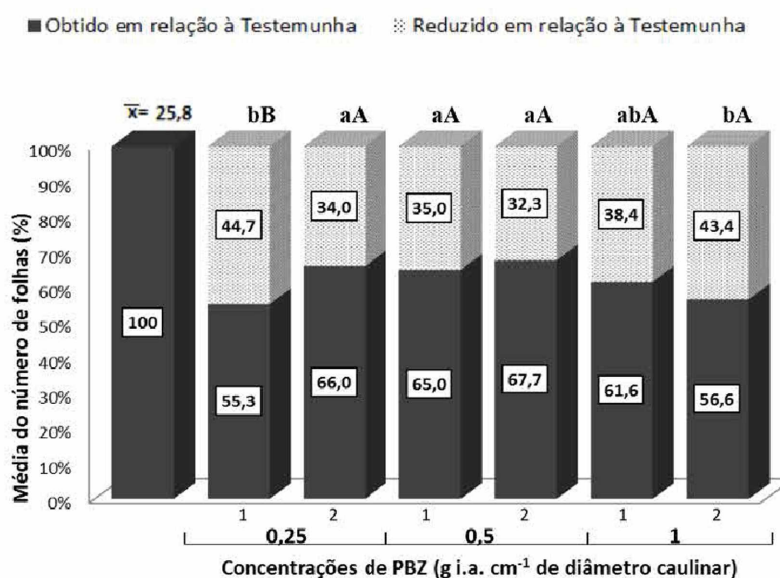
Para o genótipo 167, comparando concentrações em cada aplicação, o teste de comparação de médias (Figura 14) indicou que a concentração 0,25g i.a. quando aplicada uma única vez apresentou as maiores reduções no número de folhas em relação à testemunha, (44,7%), diferindo estatisticamente apenas da concentração 0,50g i.a. de PBZ. Na dupla aplicação do regulador, a concentração que provocou maior redução, diferindo de todas as demais, foi com 1,00g i.a., proporcionando queda foliar ou não produção de folhas novas na ordem de 43,4% em comparação a plantas que não receberam PBZ.

**TABELA 7.** Análise de variância (teste F) para o número de folhas das plantas de pinhão-mansó em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ com uma ou duas aplicações.

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	
		Genótipo 167	Genótipo 190
Concentrações (F1)	2	0,01151 *	0,00858 <sup>ns</sup>
Frequência de aplicação (F2)	1	0,00496 <sup>ns</sup>	0,01656 *
Interação (F1x F2)	2	0,01249 **	0,00427 <sup>ns</sup>
Resíduo	18	0,00204	0,00330
Total	23		
Coeficiente de variação (%)		7,28	16,42
Teste de Bartlett ( $X^2$ )		2,66 <sup>ns</sup>	3,84 <sup>ns</sup>

\*\* = significativo a 1% de probabilidade; \* = significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo.

### Genótipo 167



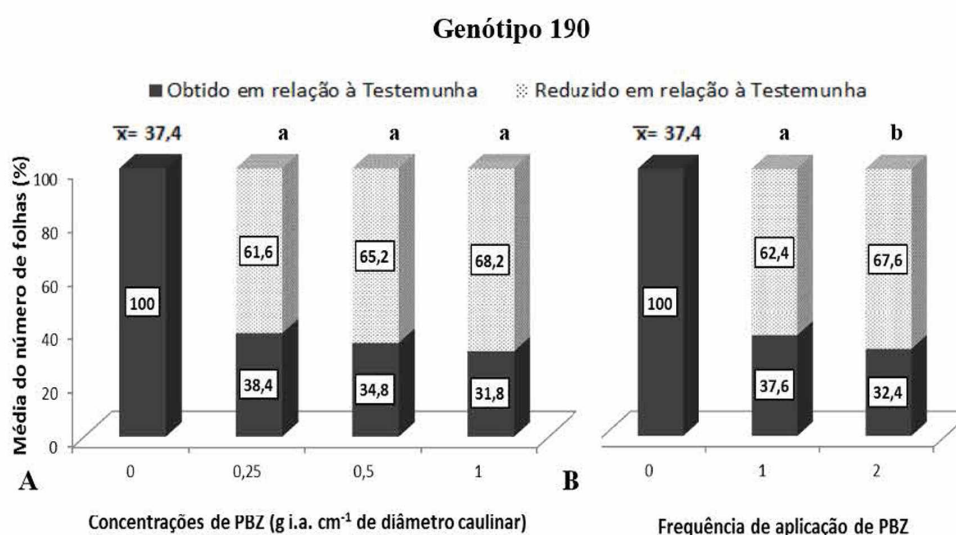
As letras minúsculas referem-se às concentrações e as maiúsculas a frequência de aplicação. Médias seguidas da mesma letra minúscula e da mesma letra maiúscula nos histogramas não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**FIGURA 14.** Resultados do teste de comparação de médias para o número de folhas das plantas de pinhão-mansó em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipo 167) tratadas com diferentes concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.) com uma ou duas aplicações.  $\bar{x}$ . Corresponde a média numérica do número de folhas das plantas testemunhas.



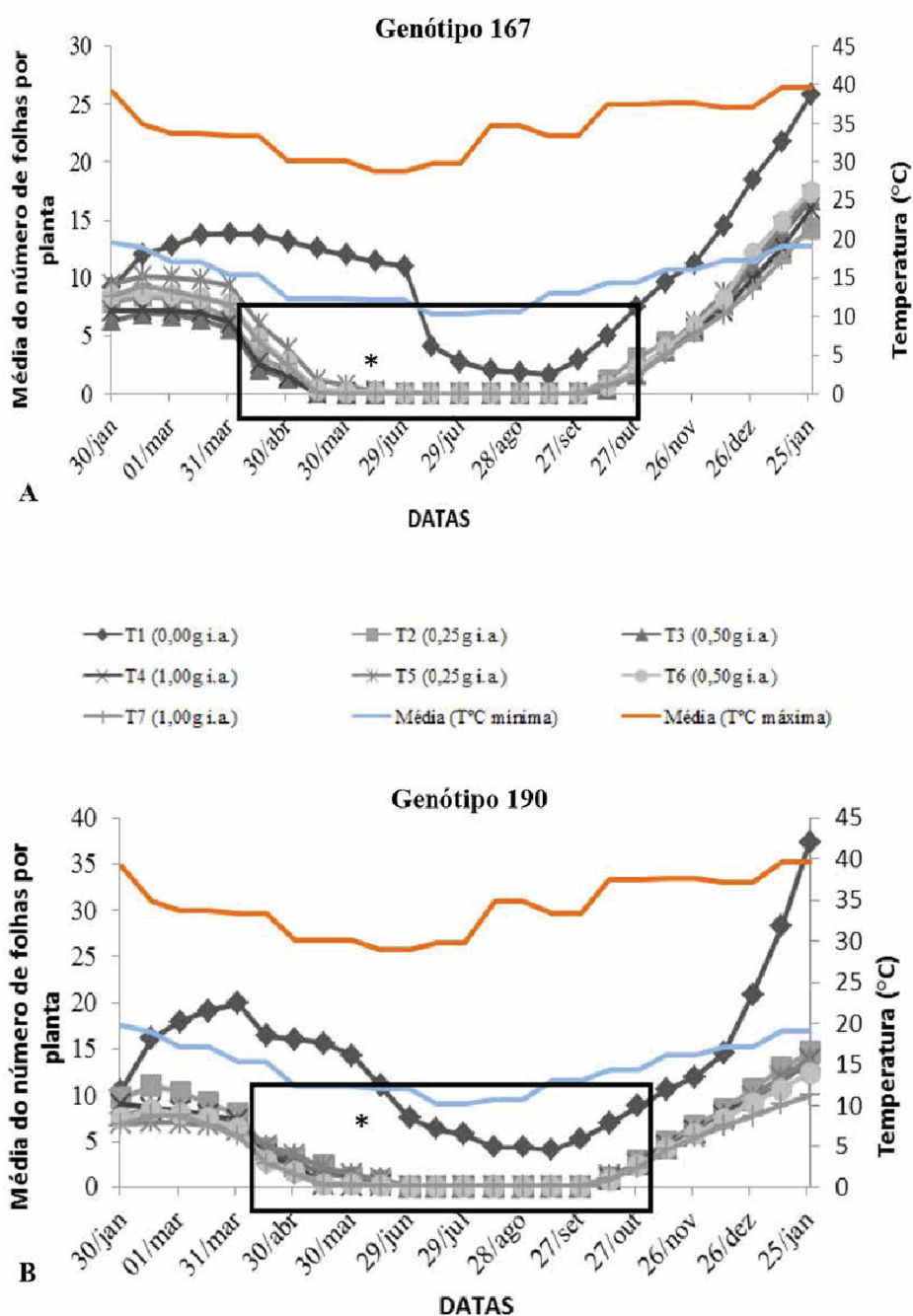
A frequência de aplicação de PBZ influenciou significativamente o número de folhas por planta do genótipo 190 e as maiores reduções ocorreram com a aplicação dupla de PBZ, apresentando a maior redução, 67,6%, em comparação a dose única de PBZ com 62,4%. Ao mesmo tempo, a maior redução do número de folhas ocorreu com a maior concentração 1,00g i.a. (68,2%) (Figura 15).

Como os valores apresentados aqui (Figuras 14, 15 e 16) referem-se a última data da avaliação, o número de folhas contabilizadas faz referência em maior parte àquelas formadas durante a rebrota da espécie, após o período de abscisão foliar, provocado pela queda das temperaturas e de forma mais acentuada pelo aplicação do PBZ (Figuras 16 e 17). Como consequência, percebe-se que o PBZ além de antecipar e intensificar a queda das folhas provocou maior redução na formação de folhas novas do que o tratamento controle (T1), independente das concentrações e frequência de aplicação (Figuras 14 - 17).



Médias seguidas da mesma letra minúscula nos histogramas de cada Figura não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**FIGURA 15.** Resultados do teste de comparação de médias para o número de folhas das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipo 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações. **A.** Médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). **B.** Médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação).  $\bar{x}$ . Corresponde a média numérica do número de folhas das plantas testemunhas.



**FIGURA 16.** Eixo vertical principal: número de folhas por plantas de pinhão-manso a cada 30 dias durante a condução do experimento (30/01/2014 a 26/01/2015) para os tratamentos T1 (sem PBZ), T2 (0,25g i.a.), T3 (0,50g i.a.) e T4 (1,00g i.a.) com única aplicação de PBZ e T5 (0,25g i.a.), T6 (0,50g i.a.) e T7 (1,00g i.a.) com dupla aplicação de PBZ. Eixo vertical secundário: média mensal das temperaturas mínimas e máximas. **A.** Genótipo 167 com todos os tratamentos. **B.** Genótipo 190 com todos os tratamentos. 1ª aplicação de PBZ: 31/01/2014; 2ª aplicação: 01/05/2014. \* Indica o período de abscisão foliar para as plantas e o início da rebrota.

A redução no número de folhas com a aplicação de PBZ também foi encontrado para hortaliças, como o alho da cultivar Quitéria (*Allium sativum*), para a qual o tratamento utilizado foi de imersão dos bulbilhos durante uma hora com posterior secagem à sombra por 24h. Os efeitos de redução de crescimento da parte aérea, altura e número de folhas (perfilhamento), foram proporcionais ao aumento da concentração de PBZ aos 60 e 90 dias do plantio (RESENDE; SOUSA, 2002). Em contrapartida, para o girassol ornamental (*Helianthus annuus*) o uso do paclobutrazol provocou aumento no número de folhas por planta, porém sem diferir da testemunha (MATEUS et al., 2009).

O mesmo ocorreu para a cultura do algodão, outra espécie de interesse para a extração do óleo vegetal, para a qual as menores concentrações de PBZ provocaram incremento no número de folhas, porém a maior concentração ( $100\text{g i.a ha}^{-1}$ ) reduziu o número de folhas em comparação às demais concentrações e à testemunha (SILVA et al., 2014). A gama de efeitos provocados pelo PBZ são espécie-dependentes e de acordo com Rademacher (2000) e Fletcher et al. (2000), os efeitos fisiológicos não são facilmente relacionados com as diversas alterações hormonais provocadas pelo seu uso.



**FIGURA 17.** Plantas de pinhão-mansão da esquerda para a direita: T1 (sem PBZ), T2 (0,25g i.a.), T3 (0,50g i.a.) e T4 (1,00g i.a.) com única aplicação de PBZ e T5 (0,25g i.a.), T6 (0,50g i.a.) e T7 (1,00g i.a.) com dupla aplicação de PBZ. A e B: genótipo 167 (240 DAS e 430 DAS); C e D: genótipo 190 (240 DAS e 430 DAS). Fonte: o autor (2015). Barra = 10 cm.

Ao observar o comportamento dos dois genótipos de plantas de pinhão-mansão não tratadas com o PBZ (T1), com relação à manutenção e formação de folhas novas durante o período de condução do experimento, percebe-se que para a variável número de folhas o pinhão-mansão apresenta sensibilidade a temperatura ambiental, com queda foliar a partir do mês de março intensificando até o mês de setembro, quando no mês seguinte com o aumento das temperaturas mínimas e máximas inicia-se a formação de novas folhas o que se eleva nos meses mais quentes e se mantém até o final do experimento (Figura 16).

A disponibilidade de água durante a condução do experimento manteve-se constante e, portanto não influenciou a senescência foliar. A temperatura ambiental foi o fator que mais variou ao longo do experimento, tanto as mínimas quanto as máximas, no entanto, o fator limitante para o pinhão-mansão provavelmente sejam as baixas temperaturas, as quais quando atingem médias abaixo de 18°C já influenciam negativamente o ciclo da espécie. Assim, o decréscimo da temperatura parece ter determinado o processo de senescência foliar e conseqüentemente queda de folhas em pinhão-mansão.

A queda foliar de plantas de pinhão-mansão associada à queda de temperatura e não ao déficit hídrico também foi encontrado por Matos (2010), o qual relacionou a senescência e queda das folhas com a redução da temperatura mínima e aumento da amplitude térmica, chegando a valores abaixo de 10° C e próximos a 20°C, respectivamente.

O estresse causado pela baixa temperatura é um dos fatores limitantes a sobrevivência, crescimento, reprodução e distribuição das culturas no campo. Em áreas tropicais e subtropicais, muitas plantas são vulneráveis a baixa temperatura porque crescem durante todo o ano em ambiente quente não apresentando mecanismos de resistência ao estresse térmico.

O pinhão-mansão é considerada uma espécie originária de clima tropical (DIAS et al., 2007) que se desenvolve melhor sob temperaturas médias anuais entre 18°C e 28,5°C e classificada como resistente a geadas fracas e curtas com capacidade de recuperação em temperaturas entre de -4°C e -3°C (ANDRADE et al., 2008). Nas condições do experimento, em nenhum momento o termômetro registrou temperaturas negativas, no entanto, a senescência e queda foliar em plantas não tratadas com o PBZ (T1) foi acelerada quando a média da temperatura mínima baixou de aproximadamente 12°C (mês de junho) para 10°C (mês de julho), quando também em alguns dias as

temperaturas mínimas se aproximaram de 0°C. Por ser uma espécie caducifólia, a queda foliar em estações secas e/ou frias é esperada, e, possivelmente é um evento coordenado geneticamente e influenciado pelas condições ambientais.

Zheng et al. (2009) ao expor mudas de pinhão-manso a baixas temperaturas (4 – 6°C) no período noturno, durante cinco noites seguidas, e avaliar a fotossíntese no período diurno constataram queda na taxa fotossintética em todas as plantas, condizendo com a classificação do pinhão-manso como espécie sensível ao frio. Para os mesmos autores a sensibilidade ao frio decorre da inativação ou degradação das enzimas fotossintéticas quando expostas a baixas temperaturas e com isso, possivelmente há um acúmulo de energia luminosa e conseqüentemente a fotoinibição e decréscimo na assimilação de carbono no dia seguinte a noite fria.

Portanto, de acordo com os resultados encontrados, pode-se afirmar que os genótipos estudados (167 e 190) apresentam sensibilidade às baixas temperaturas e provavelmente, também, a amplitude térmica. Como respostas a essas alterações ambientais as plantas de pinhão-manso além de perderem folhas, reduziram o crescimento em altura, em diâmetro e na formação de novas folhas.

Apesar de não quantificado, percebeu-se durante o período de queda foliar o amarelecimento das folhas de pinhão-manso, possivelmente decorrente da degradação de clorofilas. Matos (2010) ao avaliar folhas de pinhão-manso durante o processo de senescência foliar verificou redução no conteúdo de clorofila, principalmente no final do processo. O papel da senescência foliar é remobilizar os nutrientes da folha e o primeiro passo é a degradação dos componentes celulares e a mobilização dos nutrientes, principalmente o nitrogênio presente no cloroplasto.

Os principais efeitos das baixas temperaturas são a redução do conteúdo de clorofila, inibição, portanto da fotossíntese, translocação mais lenta de carboidratos, taxas respiratórias mais baixas, inibição de síntese proteica e aumento da degradação de proteínas existentes, o que culmina com o amarelecimento das folhas, decorrente da degradação de clorofilas. No entanto, todos esses efeitos parecem depender da instauração de ácidos graxos de membrana provocada pela queda de temperaturas e culminam com a morte celular programada (TAIZ; ZEIGER, 2004; LARCHER, 2006).

Quando se observa a Figura 16 e estabelece uma comparação entre as plantas não tratadas com PBZ (T1) e as plantas tratadas (T2; T3; T4; T5; T6 e T7) percebe-se que a aplicação do regulador acelerou a queda das folhas também com a queda da temperatura do ambiente chegando a resultados nulos nos meses de maio a setembro.

Assim, rotas metabólicas associadas à formação da camada de abscisão foram desencadeadas pelo PBZ o que culminou com aumento da senescência foliar nas plantas de pinhão-manso. É sabido que a senescência foliar é controlada pelo balanço entre etileno (Et) e citocininas (Cks) e muitas vezes, também, pela concentração de ácido abscísico (ABA), sendo um processo desencadeado normalmente por estímulos ambientais e coordenado por esses hormônios.

De acordo com a literatura, plantas tratadas com PBZ apresentam retenção e prolongamento da atividade fotossintética das folhas, atraso na abscisão foliar e maior resistência ao estresse térmico, principalmente causado por baixas temperaturas (DAVIS; CURRY, 1991), informações estas diferentes do que as encontradas na presente pesquisa (Figura 16 A e B), na qual houve uma intensificação na queda das folhas de pinhão-manso, o que pode estar relacionado à época de aplicação do PBZ, em plantas jovens, com apenas três meses de idade, o que possivelmente provocou maior sensibilidade às baixas temperaturas e como resultado acelerou e intensificou a senescência foliar.

O PBZ atua sobre diferentes rotas metabólicas e comumente está associado apenas às giberelinas, no entanto, pode haver aumento dos níveis de Cks e ABA e, redução de Et, GAs, IAA, jasmonatos, brassinosteroides e flavonóides (RADEMACHER, 2000). Portanto, o balanço entre esses metabólitos, principalmente entre as Cks, Et e ABA, favorecido pelo emprego do PBZ e queda da temperatura do ambiente aceleraram a abscisão foliar em plantas tratadas com PBZ.

#### **4.7 Número de brotações**

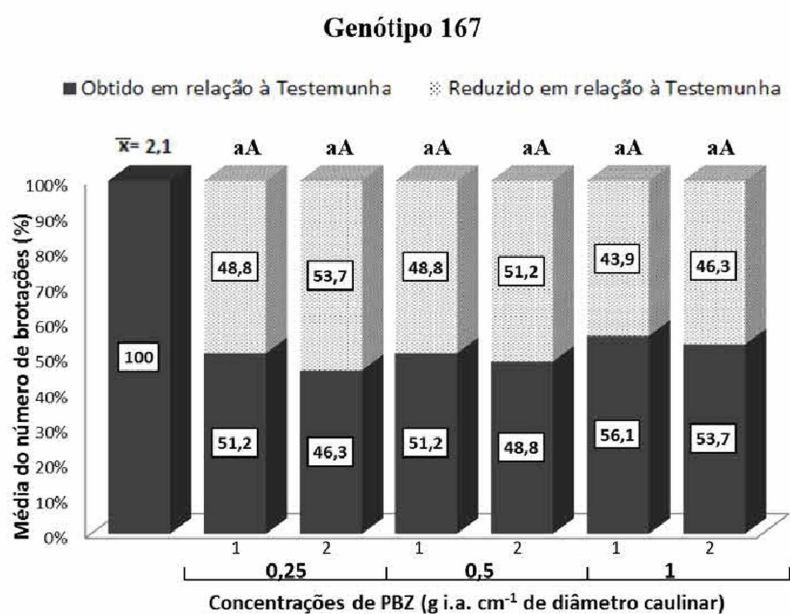
Para a variável número de brotações a interação entre os fatores apenas se mostrou significativa para o genótipo 167, enquanto que quando analisados de forma independente, não houve efeito significativo de nenhum dos tratamentos em ambos os genótipos (Tabela 8).

Apesar da análise de variância indicar dependência entre os fatores concentrações e frequências de aplicação o teste de comparação de médias (Tukey) não identificou essa relação (Figura 18). De maneira geral os tratamentos provocaram redução no número de brotações, culminando com a redução no número de folhas e de novos ramos (Figuras 18 e 19).

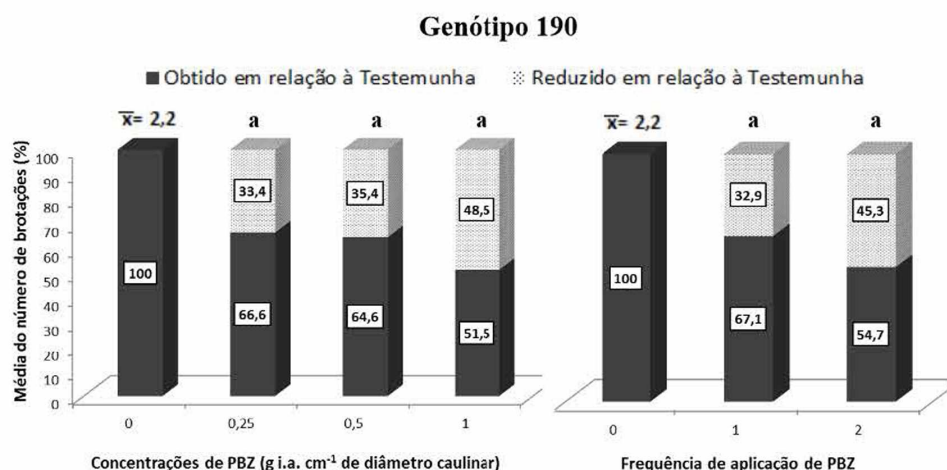
**TABELA 8.** Análise de variância (teste F) para o número de brotações das plantas de pinhão-mansó em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações.

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	
		Genótipo 167	Genótipo 190
Concentrações (F1)	2	0,00833 <sup>ns</sup>	0,05362 <sup>ns</sup>
Frequência de aplicação (F2)	1	0,00635 <sup>ns</sup>	0,09333 <sup>ns</sup>
Interação (F1x F2)	2	0,00040 <sup>*</sup>	0,00793 <sup>ns</sup>
Resíduo	18	0,03913	0,03679
Total	23		
Coeficiente de variação (%)		38,62	31,49
Teste de Bartlett (X <sup>2</sup> )		5,49 <sup>ns</sup>	4,39 <sup>ns</sup>

\*\* = significativo a 1% de probabilidade; \* = significativo a 5% de probabilidade; ns= não significativo.



**FIGURA 18.** Resultados do teste de comparação de médias para o número de brotações das plantas de pinhão-mansó em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipo 167) tratadas com diferentes concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00 g i.a.) com uma ou duas aplicações.  $\bar{x}$ . Corresponde a média numérica do número de brotações das plantas testemunhas.



Médias seguidas da mesma letra minúscula nos histogramas de cada figura não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

**FIGURA 19.** Resultados do teste de comparação de médias para o número de brotações das plantas de pinhão-manso em relação à testemunha, oriundas de sementes (genótipo 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ, com uma ou duas aplicações. **A.** Médias do efeito das concentrações de PBZ (0,25; 0,50; 1,00g i.a.). **B.** Médias do efeito das frequências de aplicações de PBZ (única e dupla aplicação).  $\bar{x}$ . Corresponde a média numérica do número de brotações das plantas testemunhas.

Como a sensibilidade de um tecido vegetal a um regulador é maior quanto mais novo é o tecido (TREWAVAS, 1981) a ação do PBZ em tecidos meristemáticos reduziu ainda mais o alongamento e a divisão celular, diminuindo o número de brotações. Inclusive, a maior parte das brotações emitidas em plantas tratadas com o PBZ não continuou o seu desenvolvimento, entrando em senescência antecipada.

As gemas axilares, formadoras de folhas ou inflorescências, são meristemas secundários dois quais podem derivar os primórdios foliares, precursores das novas folhas. Para que algumas células do meristema apical passem a ser células fundadoras de folha e iniciem um processo de rápidas divisões celulares produzindo uma projeção que represente o primórdio foliar e futuramente uma nova brotação é necessário uma combinação de fatores endógenos e exógenos (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O balanço hormonal exerce um importante papel na formação e desenvolvimento das gemas em folhas. É conhecido que quanto menor for a razão auxina:citocinina maior é o crescimento da parte aérea, sendo comumente os hormônios relacionados com a formação das gemas axilares (TAIZ; ZEIGER, 2004). No entanto,

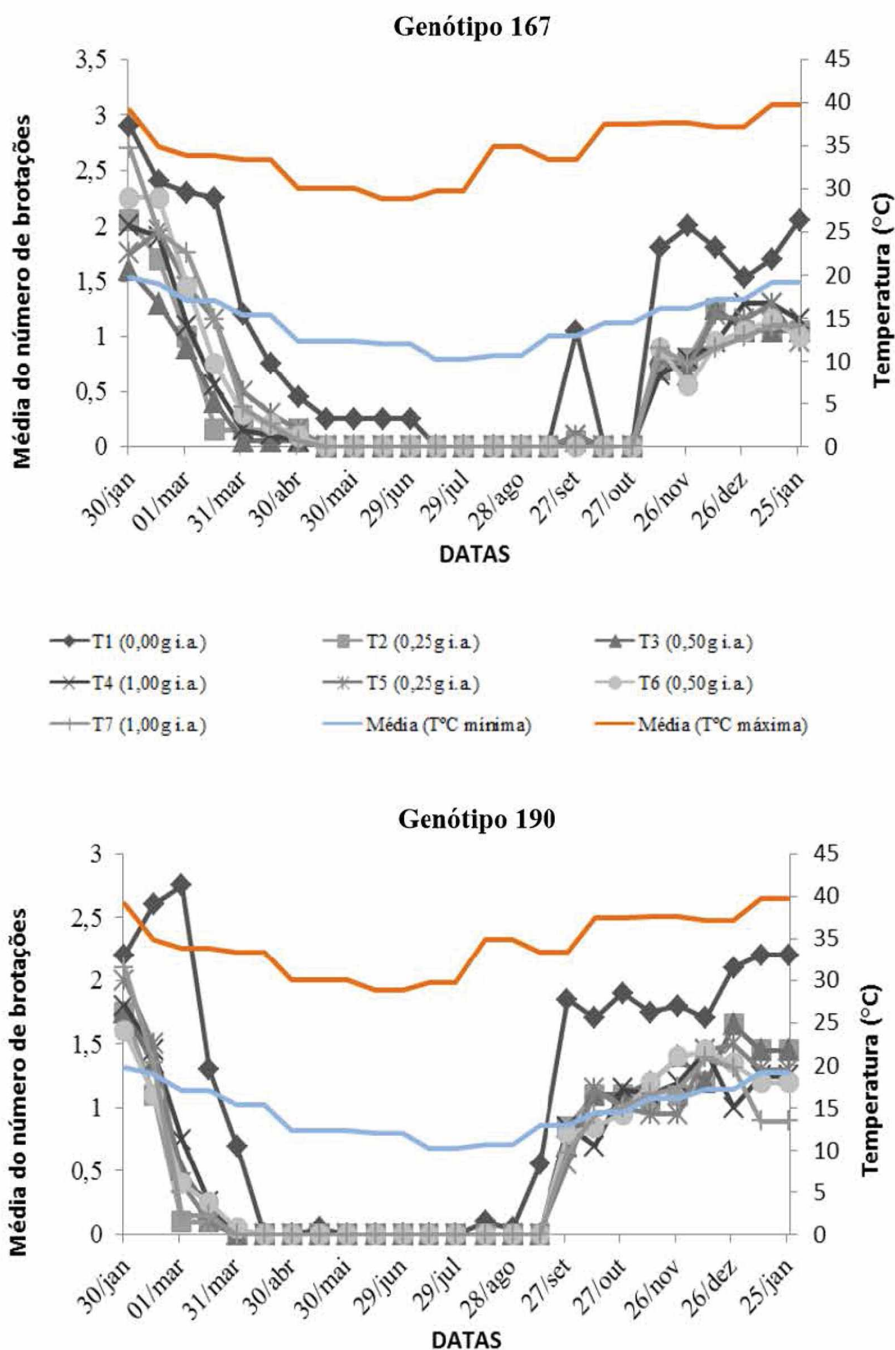


outros hormônios como as giberelinas também parecem regular a formação de gemas e a transformação destas em folhas expandidas, uma vez que atuam na divisão e alongamento celular. Almeida e Pereira (1996) ao compararem os efeitos da aplicação de giberelina e paclobutrazol em sementes e plantas de girassol (*Helianthus annuus*), concluíram que enquanto as GAs aceleraram a transformação dos primórdios foliares em folhas expandidas, o PBZ atrasou significativamente a expansão foliar, porém sem alterar a iniciação dos primórdios foliares. Já, Silva e Faria Junior (2011) ao aplicarem crescentes concentrações de PBZ em diferentes cultivares de tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) encontraram redução do número de brotações laterais de maneira relacionada com o aumento da concentração do regulador.

A redução na formação de novas brotações nas plantas tratadas com o PBZ ocorreu logo após a primeira aplicação do regulador (31/01/2014 - Figura 20), intensificando com a redução das temperaturas a partir dos meses de março/abril sendo retomada a formação de novos brotos com o aumento da temperatura. Este comportamento foi semelhante para os dois genótipos e condiz com os resultados encontrados para o número de folhas (Figuras 16 e 20).

As plantas testemunhas também apresentaram comportamento semelhante, demonstrando haver correlação com a temperatura ambiental para a formação de novos brotos, tendo redução na atividade meristemática com a queda das temperaturas e retomada das atividades à medida que a temperatura também aumenta (Figura 20).

Esses resultados corroboram com a definição encontrada na literatura de que o pinhão-manso é uma espécie caducifólia, já que é sensível à variação térmica entrando em período de repouso vegetativo com a queda da temperatura. Comumente na literatura relaciona-se o estágio de dormência da espécie também com a pluviosidade, no entanto, como durante a condução do experimento a capacidade de campo do substrato foi mantida, pode-se afirmar que a temperatura foi o elemento crucial para determinar o início e o fim do repouso vegetativo e não a disponibilidade hídrica.



**FIGURA 20.** Eixo vertical principal: número de brotações por plantas de pinhão-mansão a cada 30 dias durante a condução do experimento (30/01/2014 a 26/01/2015) para os tratamentos T1 (sem PBZ), T2 (0,25g i.a.), T3 (0,50g i.a.) e T4 (1,00g i.a.) com única aplicação de PBZ e T5 (0,25g i.a.), T6 (0,50g i.a.) e T7 (1,00g i.a.) com dupla aplicação de PBZ. Eixo vertical secundário: média mensal das temperaturas mínimas e máximas. **A.** Genótipo 167 com todos os tratamentos. **B.** Genótipo 190 com todos os tratamentos. 1ª aplicação de PBZ: 31/01/2014; 2ª aplicação: 01/05/2014. \* Indica o período de abscisão foliar para as plantas e o início da rebrota.

#### 4.8 Área foliar

Para a variável área foliar, devido à escassez dos dados, a análise estatística foi um arranjo simples (DIC). Nenhum dos tratamentos alterou significativamente a média da área foliar das duas folhas mais jovens em qualquer um dos genótipos (Tabela 9).

Apesar da aplicação e concentrações serem iguais para os tratamentos T2=T5; T3=T6 e T4=T7, percebe-se variação numérica quanto aos resultados da média da área foliar para as duas folhas mais jovens em ambos os genótipos (Figura 21), indicativo de que por mais que as plantas progenitoras sejam as mesmas, o conjunto gênico da sua prole possui variabilidade genética, decorrente da recombinação gênica proveniente da meiose gamética.

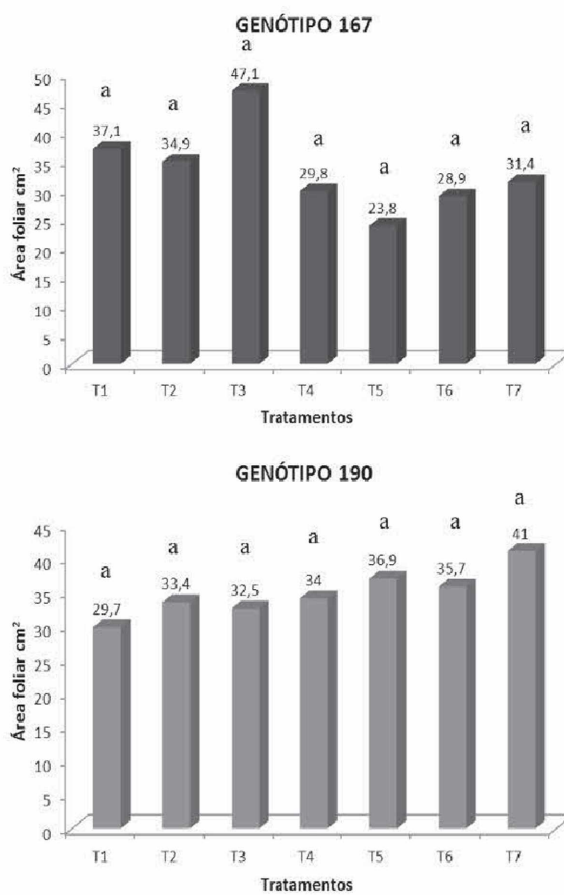
**TABELA 9.** Análise de variância (teste F) para a área foliar das plantas de pinhão-mansão, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ aos 45 DAP.

Fonte de variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	
		Genótipo 167	Genótipo 190
Doses	6	221,988 <sup>ns</sup>	51,201 <sup>ns</sup>
Resíduo	21	165,376	103,287
Total	27		
Coeficiente de variação (%)		38,63	29,26
Teste de Bartlett (X <sup>2</sup> )		6,27 <sup>ns</sup>	6,05 <sup>ns</sup>

\*\* = significativo a 1% de probabilidade; \* = significativo a 5% de probabilidade; ns = não significativo.

Embora tenham sido encontradas variações numéricas para os tratamentos, os resultados estatisticamente não foram significativos, indicando que a aplicação do PBZ, nas condições do experimento, não alterou a área foliar aos 45 da aplicação (DAP). Resultado este, diferente do que sugere a literatura, a qual indica que um dos efeitos do PBZ é na morfogênese das folhas, resultando muitas vezes em menores áreas foliares (DAVIS; CURRY, 1991).

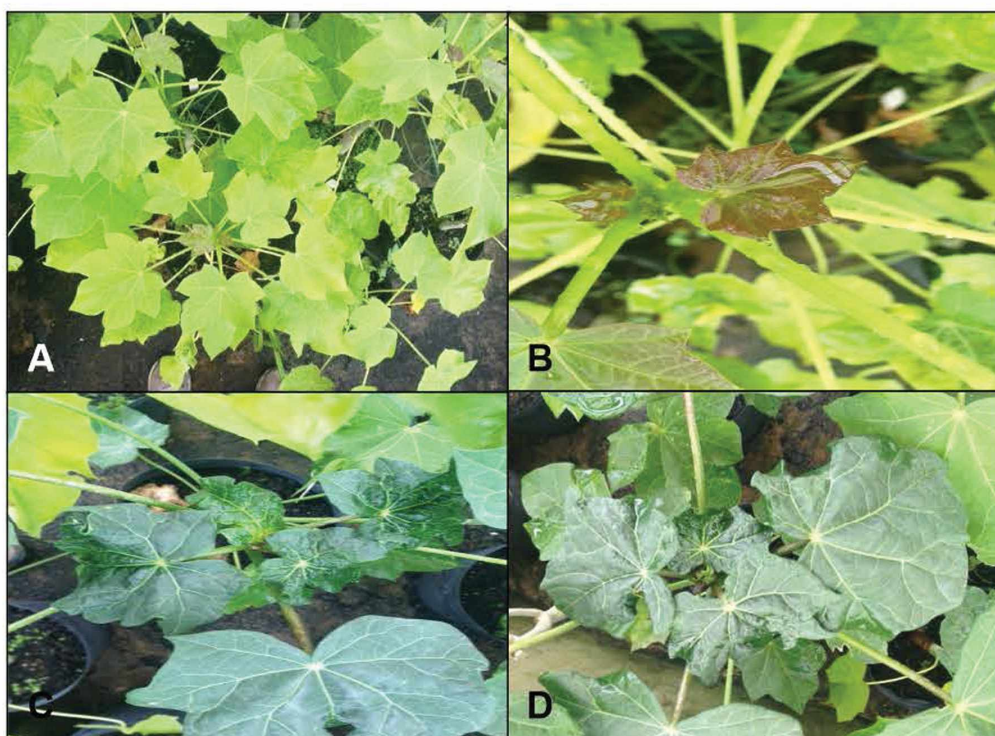
No entanto, o resultado encontrado não é conclusivo para o pinhão-mansão, uma vez que representa uma única data de avaliação e não necessariamente reflete folhas de mesma idade fisiológica, pois as plantas com aplicação de PBZ apresentam número reduzido de produção de folhas, brotações e entrenós, em relação às plantas não tratadas e, assim, as folhas avaliadas (as duas mais novas) poderiam não refletir o mesmo tempo de formação das mesmas.



Médias seguidas da mesma letra minúscula nos histogramas de cada figura não diferem significativamente entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

**FIGURA 21.** Médias dos resultados da área foliar (cm<sup>2</sup>) das plantas de pinhão-manso, oriundas de sementes (genótipos 167 e 190) tratadas com diferentes concentrações de PBZ aos 45 DAP. **A.** Genótipo 167. **B.** Genótipo 190.

Embora não quantificado, observou-se que plantas tratadas com PBZ, independentemente das concentrações e frequência de aplicação, exibiram coloração verde mais escura que plantas testemunhas (sem PBZ) (Figura 22). Investigações anteriores com diferentes espécies submetidas à aplicação de inibidores da síntese de GA descrevem como um dos efeitos a coloração mais verde provocada pelo PBZ (DAVIS; CURRY, 1991).



**FIGURA 22.** Coloração das folhas de pinhão-manso. A e B sem aplicação de PBZ. **A:** coloração verde mais clara características de folhas novas; **B:** coloração arroxeada presente nas folhas em desenvolvimento. C e D com aplicação de PBZ. **C:** com duas aplicações de 1,0g i.a. de PBZ, folhas com coloração verde escura característica; **D:** com uma aplicação de 0,50g i.a. de PBZ sem coloração arroxeada. Fonte: o autor (2015).

Observações semelhantes foram também relatadas por Ghosh et al. (2010), os quais encontraram maior quantidade ( $\text{mg g}^{-1}$ ) de clorofila *a* e *b* em folhas de plantas de pinhão-manso tratadas com o PBZ, diferindo estatisticamente da testemunha. Essa característica pode estar relacionada, em parte, pelo aumento da síntese de clorofila favorecida pelo PBZ (BELAKBIR, 1998; DAVIS; CURRY, 1991; SABASTIAN et al., 2002) e indiretamente, pela redução no tamanho das células provocadas pela ausência do alongamento decorrente da ausência de GA, o que faz com que ocorra aumento da densidade de cloroplastos por célula (KHALIL, 1995).

Como, de acordo com Rademacher (2000), o PBZ pode provocar aumento da biossíntese de citocininas (CKs) e este conjunto de hormônios atua na síntese de clorofila e no amadurecimento dos etioplastos a cloroplastos e formação dos tilacóides. Um dos efeitos possíveis do aumento da síntese de Cks poderia resultar no aumento da quantidade das clorofilas e densidade de cloroplastos por unidade de área.

Por essa e outras características é sugerido também, que o PBZ altera de alguma maneira a eficiência fotossintética (DAVIS; CURRY, 1991). Entretanto, nesse trabalho, isso não pode ser evidenciado, uma vez que a área foliar (AF), não foi significativamente influenciada pelos tratamentos e outras análises não foram realizadas.

A partir de observações visuais, ao comparar folhas novas de plantas tratadas com PBZ e com aquelas sem o regulador, foi verificada ausência de coloração arroxeadas, típica das folhas em crescimento da espécie (Figura 22), o que pode estar relacionado a inibição da biossíntese de flavonoides, como as antocianinas, pigmentos responsáveis pela coloração roxa, como anteriormente sugerido por Rademacher (2000) em estudos com outras espécies vegetais.

Apesar de não quantificado, foi observado ao longo do experimento que o ataque de insetos como afídeos (pulgões) se concentrou em folhas de plantas sem aplicação de PBZ, sugerindo que alguma alteração provocada pelo PBZ possa, de alguma forma, ter reduzido o ataque deste grupo de inseto. Análises semelhantes foram relatadas por Davis e Curry (1991), porém sem identificar o efeito da aplicação no comportamento dos afídeos.

## 5 CONCLUSÕES

Nas condições em que o experimento foi realizado foi possível concluir que:

A aplicação de PBZ reduziu o crescimento vegetativo do pinhão-manso, sendo recomendada a aplicação da menor concentração de ingrediente ativo (0,25g i.a. por cm<sup>-1</sup> de diâmetro caulinar) em uma única aplicação.

Nenhum dos tratamentos com PBZ antecipou significativamente a floração em pinhão-manso.

O pinhão-manso apresentou um padrão fenológico bem definido e diretamente relacionado com a temperatura do ar dentro da estufa, com um período dormente durante o outono e começo do inverno, retomando as suas atividades com o aumento da temperatura, no mês de outubro. As aplicações de PBZ não alteraram o padrão de comportamento do pinhão-manso, apenas provocaram alterações quantitativas.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após um ano da condução do presente experimento com pinhão-manso em estufa, o resultado encontrado de maior evidência foi que a aplicação do regulador paclobutrazol (PBZ) em mudas com três meses de idade provocou redução nas características morfológicas vegetativas, porém não induziu a floração na espécie. Em contrapartida, pesquisas realizadas com plantas adultas de pinhão-manso, em plantio a campo em regiões climáticas mais favoráveis (temperaturas mínimas mais altas e menor altitude) apresentaram resultados importantes com a aplicação de PBZ, aumentando o número de flores femininas e consequentemente a produtividade da espécie. A comparação destes resultados pode indicar que a aplicação de PBZ em mudas jovens não provoca os efeitos reprodutivos desejáveis, ao menos no ano da aplicação, sendo talvez, mais indicada a aplicação em plantas adultas.

Além das baixas temperaturas, outros fatores, como a altitude (acima de 900m) e possivelmente a baixa intensidade luminosa que, apesar de não ter sido mensurada, foi reduzida pela presença de malha de sombrite de 50% em toda a estufa na qual as plantas permaneceram, podem ter comprometido a indução da floração do pinhão-manso. Estudos com o pinhão-manso indicam que a temperatura interfere na floração, sendo um dos fatores ambientais fundamentais na diferenciação das gemas vegetativas em primórdios florais e ainda, atua na definição do sexo das flores.

Apesar de não ter sido realizado um estudo comparativo, em experimento realizado previamente, plantas provenientes dos mesmos genótipos utilizados no experimento foram mantidas em estufa com condição de menor amplitude térmica, maiores temperaturas e sem a presença de malha de sombrite, durante o mesmo período em que o experimento da Dissertação foi realizado, resultando em floração e frutificação das mudas de pinhão-manso. Em algumas destas plantas foi realizada a aplicação das mesmas concentrações de PBZ, quando estas estavam com seis meses de idade, o que antecipou a floração em comparação as plantas sem aplicação de PBZ. Estes resultados, por mais que não tenham sido quantificados, são um forte indicativo de que há correlação entre a idade fisiológica das plantas a serem submetidas à ação de PBZ e a temperatura do ambiente ou estufa durante a condução do experimento.

Sugere-se aqui para pesquisas futuras, testar a aplicação de PBZ em plantas de diferentes idades para determinar o melhor momento de sua aplicação, bem como



elucidar o papel da temperatura no ciclo reprodutivo da espécie. Em outra perspectiva, poderia ser estudada a influência do PBZ na indução de resistência nas plantas, pois de acordo com a literatura, o mesmo torna a planta mais tolerante ao estresse hídrico e a baixas temperaturas, o que não foi identificado na presente pesquisa, uma vez que as plantas tratadas com PBZ apresentaram queda foliar mais acentuada que as testemunhas e diretamente associada à redução da temperatura.

Ao longo da pesquisa, ficou clara a diferença de crescimento entre as plantas provenientes dos dois genótipos e, mesmo não tendo sido realizada a comparação estatística entre estes (Figura 17). As plantas testemunhas do genótipo 190 apresentaram visualmente maior crescimento em altura e diâmetro e apresentaram maior número de folhas em todas as datas de avaliação, bem como perderam menos folhas ao longo do experimento, aparentando possuir maior vigor quando comparadas com o genótipo 167.

Logo após a aplicação de PBZ, as novas folhas das plantas tratadas passaram a apresentar padrões morfológicos diferentes do esperado, com alterações no formato e muitas vezes apresentando-se enroladas e/ou enrugadas. No início, tentou-se quantificar esses efeitos, mas não foi encontrada uma metodologia capaz de tornar evidente essa alteração. Possivelmente, com análises anatômicas futuras seja possível determinar os efeitos que o PBZ causa na anatomia foliar e também no encurtamento dos entrenós, o que de fato provocou a redução em altura das plantas.

Outra variável em que a metodologia utilizada não favoreceu os resultados observados foi a área foliar (AF), para a qual as análises estatísticas não identificaram diferença entre as folhas de plantas tratadas com o PBZ e das testemunhas. No entanto, com as observações e acompanhamento do experimento, ficou nítida a alteração no tamanho das folhas, sendo aquelas das plantas tratadas com PBZ menores que das plantas não tratadas. Como houve queda foliar excessiva nas plantas tratadas com PBZ, possivelmente os resultados ficaram mascarados, pois à medida que as folhas apicais não estavam presentes, foram sendo mensuradas as folhas basais mais velhas e, conseqüentemente, maiores, o que pode ter aproximado os valores.

Da mesma maneira, as folhas que foram tratadas com PBZ possuíam um tom verde mais escuro do que as das plantas que não receberam o regulador. Também se tentou quantificar visualmente essa variação com uma escala de cores, mas a metodologia elaborada não tornou clara a coleta de dados. Para melhor justificar a variação de cores poderiam ter sido realizadas análises como: concentração de clorofilas *a* e *b* e outros pigmentos, como antocianinas e demais flavonóides, pois assim poderia

ter sido compreendida a interferência do PBZ na fotossíntese e no metabolismo oxidativo nas plantas de pinhão-mansão.

Os efeitos do PBZ são conhecidos por inibir a biossíntese das giberelinas; no entanto é sabido que este altera a rota metabólica de outros hormônios, tais como as citocininas, auxinas, etileno e ácido abscísico, para os quais os seus efeitos não são claros. Portanto, faz-se necessária a quantificação destes e outros compostos em partes das plantas após a aplicação do regulador, para assim tentar relacionar os efeitos do PBZ com as alterações do metabolismo, principalmente o metabolismo secundário, pois muitos efeitos encontrados para o pinhão-mansão não são facilmente relacionados com as alterações hormonais decorrentes da aplicação de PBZ.

Por fim, aconselha-se a continuidade das pesquisas com pinhão-mansão e PBZ, a fim de estabelecer um protocolo adequado para a melhora nas variáveis reprodutivas da espécie.

## REFERÊNCIAS

ABDELGADIR, H.; JOHNSON, S.; VAN STADEN, J. Effect of foliar application of plant growth regulators on flowering and fruit set in *Jatropha curcas*—a potential oil seed crop for biodiesel. **South African Journal of Botany**, n. 75, p. 391, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP), 2011. Disponível em: <www.anp.gov.br> Acesso em 20/09/2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP), 2015. Disponível em: <www.anp.gov.br> Acesso em 24/03/2015.

ALVARENGA, L.R.; CARVALHO, V.D. Uso de substâncias promotoras de enraizamento de estacas frutíferas. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte-MG, v. 9, n. 101, p. 47-55, 1983.

ANDRADE, G. A. et al. Temperatura mínima letal para plantas jovens de Pinhão-manso. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 799-803, 2008.

APPEZZATO-DA-GLORIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia vegetal**. Viçosa – MG. Ed. UFV, 2ª edição, 2006. 438p.

ARAÚJO, E. C. E.; RIBEIRO, A.M.B.; Avaliação Ficológica de Pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) no Município de Teresina – PI. **Anais** de congresso de oleaginosas 2008.

ARAÚJO, E. C. E.; SILVA, E. M. P. da; VASCONCELOS, L. F. L.; VIVIAN, R.; VELOSO, M. E. da C. Uso de etephon sobre a produtividade de pinhão-manso. *In: II Congresso Brasileiro de Pesquisas de Pinhão-manso*, Brasília – DF, 2011.

ARRUDA, F. P. et al. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789-799, 2004.

ASIN, L.; ALEGRE, S.; MONTSERRAT R. Effect of paclobutrazol, prohexadione-Ca, deficit irrigation, summer pruning and root pruning on shoot growth, yield, and return bloom, in a 'Blanquilla' pear orchard. **Science Horticulturae**. n. 113, p. 142–148. 2007.

ASAO, T.; ITO, N; HOSOKI, T; OHTA, K; ENDO, K. Effects of plant growth retardants and root pruning on growth and yield of tomato cultured hydroponically at high temperature during summer. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, v. 65, n. 1, p. 89-94, 1996.

AURAS, N. E. Indução de florescimento precoce em angiospermas arbóreas: perspectivas de uso em espécies da Mata Atlântica. **Biotemas**. v. 14, n 1, p 7-18, 2001.

AVELAR, R. C. **Características Pinhão Manso fitotécnicas do pinhão-manso visando à colheita mecanizada**. Dissertação (Mestrado). 126p. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Lavras –MG, 2009.

BAKKER, J.C. Greenhouse climate control: constraints and limitations. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 399, p. 25-35, 1995.

BALTAZAR, A. P. As fontes alternativas de energia já estão sendo usadas. **Veja**, n. 50, p. 162-172, 2006.

BARNWAL, B.K.; SHARMA, M.P. Prospects of biodiesel production from vegetable oils in India. **Renewable & Sustainable Energy Reviews**, v. 9, n. 4, p. 368-378, 2005.

BASHA, S.A.; GOPAL, K.R.; JEBARAJ, S. A review on biodiesel production, combustion, emissions and performance. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. n. 13. p. 1628-1634, 2009.

BATISTA, L. R. L. **Características radiculares e fisiológicas de pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.) propagado por semente e por estaca cultivados sob diferentes condições hídricas**. 2012. Dissertação. 47p. (Agronomia Produção Vegetal). Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo – AL, 2012.

BELAKBIR, A. Yield and fruit quality of pepper (*Capsicum annum* L.) in response to bioregulators. **Horticulture Science**, v. 33, p. 85–87, 1998.

BERGAMASCHI, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In: REGO, G. M.; NEGRELLE, R. R. B.; MORELLATO, L. C. (Org.). **Fenologia ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos**. 1. Ed. Colombo: Embrapa Florestas, p. 291-310, 2007.

BEROVA, M.; ZLATEV, Z. Physiological response and yield of paclobutrazol treated tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Plant Growth Regulation**, v. 30, n. 2 p. 117-123, 2000.

BRASIL. MCT. Ministério de Ciência e Tecnologia. **Plano Nacional de Agroenergia**. Brasília, 2005. 120p.

BULHÃO, C. F.; FIGUEIREDO, P. S. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 361-369, 2002.

CARIOCA, J.O.B; HILUY FILHO, J.J.; LEAL, M.R.I.V; MACAMBIRA, F.S. The hard choice for alternative biofuels to diesel in Brazil. **Biotechnology Advances**. n. 27. p. 1043-1050, 2009.

CARNIELLI, F. **O combustível do futuro**. 2003. Disponível em: <[www.ufmg.br/boletim/bol1413](http://www.ufmg.br/boletim/bol1413)>. Acesso em: 05 de outubro de 2014.

CASTRO, P. R. C. **Fisiologia vegetal aplicada à cana-de-açúcar**. Maceió, 2001. 7p.

CASTRO, P. R. C. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. 650 p.

CAVATTE, R. P. Q.; SALOMÃO, L. C. C.; SIQUEIRA, D. L.; PETERNELLI, L. A.; CAVATTE, P. C. Redução do porte e produção das bananeiras 'Prata-Anã' e 'FHIA-01' tratadas com paclobutrazol. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 356-365, 2012.

CUNHA, R. L.; LUNZ, A. M.; ADAMS, M. Avaliação do crescimento vegetativo e reprodutivo em plantas de pinhão manso sob condições de campo, Dom Eliseu-PA. Embrapa, Amazônia oriental: artigo em anais de congresso *in*: **Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão Manso**, 1., 2009.

DAVIS, T. D.; CURRY, E.A. Chemical regulation of vegetative growth. **Critical Review in Plant Science**. v. 10, p. 151-188, 1991.

DEMIRBAS, A. Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods. **Progress In Energy and Combustion. Science**. n. 31. p. 466-487, 2005.

DHILLON, R. S. et al. Clonal propagation and reproductive biology in *Jatropha curcas* L. **Indian Journal Agroforest**, v. 8, n. 2, p. 18-27, 2006.

DIAS, L.A.S.; LEME, L.P.; LAVIOLA, B.G.; PALLINI FILHO, A.; PEREIRA, O.L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C.E.; SANTOS, A.S.; SOUSA, L.C.A.; OLIVEIRA, T.S.;

DIAS, D.C.F.S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível. **Viçosa, MG**, v. 1, p. 40, 2007.

DIVAKARA, B. N.; UPADHYAYA, H. D.; WANI, S. P.; LAXMIPATHI GOWDA, C. L. Biology and genetic improvement of *Jatropha curcas* L.: A review. **Applied Energy**, v. 87, p. 732-742, 2010.

DONINI, L.P.; OLIVEIRA, R.J. P. de.; ANJOS, S.D.dos.; AIRES,R.F.; LEMOES, L.S.; NETO, D.T.F. Utilização de diferentes concentrações de paclobutrazol aplicadas no solo, no florescimento e produção de pinhão-manso. *In: Simpósio Estadual de Agroenergia*. IV Reunião Técnica de Agroenergia – RS. 2012.

FERELLA, F., DI CELSO, G.M., DE MICHELIS, I., STANISCI, V., VEGLIO, F. Optimization of the transesterification reaction biodiesel production. **FUEL**. n 39. p. 36-42, 2010.

FERNANDES, J.D.; CHAVES, L.H.G.; DANTAS, J.P. & SILVA, J.R.P. Fenologia e produção do pinhão-manso cultivados com diferentes fontes de adubação. **Revista Ciência Agronômica**. v. 44, p. 339- 346, 2013.

FLETCHER, R.A.; GILLEY, A.; SANKLA, N.; DAVIS, T.D. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. **Horticultural Reviews**, v. 24, p. 55- 138, 2000.

FISCH, S. T. V.; NOGUEIRA JR, L. R.; MANTOVANI, W. Fenologia reprodutiva de *Euterpe edulis* Mart. na mata atlântica (reserva ecológica do Trabiju, Pindamonhangaba – SP). **Revista de Biociências de Taubaté**, v. 6, n. 2, p. 31- 37, 2000.

GHOSH, A., CHIKARA, J., CHANDHARI, D.R., PRAKASHI, A.R., BORICHA, G. AND ZALA, A. Paclobutrazol arrests vegetative growth and unveils unexpressed yield potential of *Jatropha curcas*. **Journal of Plant Growth Regulation** v. 29, p. 307-315. 2010.

GOUVEIA, E. J.; ROCHA, R. B.; LAVIOLA, B. G.; RAMALHO, A. R.; FERREIRA, M. das G. R.; DIAS, L. A. dos S. Aumento da produção de grãos de pinhão-mansão pela aplicação de benziladenina. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 47, n. 10, p. 1541-1545, 2012.

HASTINGS, M.H.; FOLLET, B.K. Towards a molecular biological calendar? **Journal of Biological Rhythms**, v. 15, p.424-430, 2001.

HELLER, J. PHYSIC NUT. *Jatropha curcas* L. (1996), 66f. PhD Thesis - Institute of Plant Genetic and Crop Plant Research, Gatersleben, Germany, and International Plant Genetic Resource Institute, Rome, Italy.

HENNING, R. K. **The Jatropha Manual: A guide to the integrated exploitation of the Jatropha plant in Zambia.** 2000. Disponível em: <[http://www.jatrophaalliance.org/fileadmin/documents/knowledgepool/Henning Jatropha Manual Zambia.pdf](http://www.jatrophaalliance.org/fileadmin/documents/knowledgepool/Henning_Jatropha_Manual_Zambia.pdf)>. Acesso em: 08 novembro 2014.

HENNING, R. K. **The Jatropha System. An integrated approach of rural development.** 2009. Disponível em: <<http://www.jatropha.de/documents/The%20Jatropha%20Book-2009.pdf>>. Acesso em: 17 novembro 2014.

HIROSE, T. Development of the Monsi-Saeki theory on canopy Structure and Function. **Annals of Botany**, n. 95, p. 483-494, 2005.

JOKER, D.; JEPSEN, J. *Jatropha curcas* L. seed leaflet, **Humbleback** v.83, n. 2, p. 1-2, 2003.

KAUR, K.; DHILLON, G. P. S.; GILL, R. Floral biology and breeding system of *Jatropha curcas* in north-western India **Journal of Tropical Forest Science**, v. 23, n. 1, p. 4-9, 2011.



KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, 2004. 452 p.

KHALIL, I.A. Chlorophyll and carotenoid contents in cereals affected by growth retardants of triazole series. **Cereal Res Commun**, v. 23, p. 183–189, 1995.

KUMAR A., SHARMA S. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review **Industrial Crops and Products**. v. 28, n. 1, p. 10, 2008.

LACERDA, C. F.; ENÉAS FILHO, J.; PINHEIRO, C. B. **Fisiologia vegetal**. Fortaleza-CE: Universidade Federal do Ceará, 2007. 332 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2006. 529p.

LAVIOLA, B.G.; DIAS, L.A.S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1969-1975, 2008.

MACHADO, A. B. **Caracterização de sistemas envolvidos nos processos de purificação de biodiesel**. (2010). 180p. (Tese de doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química. Campinas, SP.

MAES WH, TRABUCCO A, ACHTEN WMJ, MUYS B. Climatic growing conditions of *Jatropha curcas* L. **Biomass Bioenerg** v. 33, p. 1481–1485, 2009.

MEDINA, R.; BURGOS, A., DIFRANCO, V.; MROGINSKI L.; CENÓZ, P. Effects of chlorocholine chloride and paclobutrazol on cassava (*Manihot esculenta* Crantz cv. Rocha) plant growth and tuberous root quality. **Agriscientia**,v. 31, p. 51-58, 2012.

MENG, Y. et al. Current situation and prospects of *Jatropha curcas* as a multipurpose tree in China. **Agroforestry Systems**, v. 76, n. 2, p. 487-497, 2009.

MATEUS, C. de M. d'A.; BOGIANI, J. C.; SELEGUINI, A.; MONTEIRO DE CASTILHO, R. M. M. de; FARIA JUNIOR, M. J. A. de. Estratégias para redução do porte de girassol ornamental para comercialização em vaso, **Bragantia**, v. 68, n. 3, pp. 681-687, 2009.

MATOS, F. S. **Caracterização fisiológica da senescência foliar em populações de *Jatropha curcas* L.** (2010) 48p. (Tese de doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Fitotecnica. Viçosa, MG.

MATOS, F. S.; ROCHA, E. C.; CRUVINEL, C. K. L.; RIBEIRO, R. A.; RIBEIRO, R. P.; TICONO, C. F. Desenvolvimento de mudas de pinhão-manso irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 947-954, 2013.

MILFONT. M. L.; ANTONINO, A. C. D.; MARTINS J. M. F.; MACIEL NETTO, A.; GOUVEIA, E. R.; CORREA, M. M. Transporte do paclobutrazol em colunas de solos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Recife-PE, v. 32, n. 5, p. 2165-2175, 2008.

MIRANDA, J. C. de C. **Criação do banco de dados, simulação e análise energética do processo de produção do biodiesel de soja, mamona e pinhão manso** (2011). 162p. (Dissertação de mestrado). Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2011.

MONTEIRO, J. M. G. **Plantio de oleaginosas por agricultores familiares do semi-árido nordestino para produção de biodiesel como uma estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.** 302p. Tese de Doutorado (em Ciência de Planejamento Energético). Programa de Pós-graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.

MORAES, C.B. **Variabilidade genética em progênies de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden sob os efeitos de biorregulador e adubação química.** 2007. 104 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, Botucatu, 2007.

MORAES, C. B. de.; UESUGI, G.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D.; GUERRINI, I. A.; MORI, E.S. Influência do uso de biorreguladores no crescimento de *Hymenaea courbaril* (nota científica). **Revista do Instituto Florestal**, v. 25, n. 2, p. 223-229, 2013.

MORAIS, D. L. **Impacto da nutrição mineral no crescimento do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2010. 54p. Dissertação (Ciências Florestais) Centro de Saúde e Tecnologia Rural. Universidade Federal de Campina Grande. Patos – PB, 2010.

MOREIRA, E.R. Métodos de propagação do pinhão manso (*Jatropha curcas* L.). 2013. 118p. Tese. (Agronomia) Faculdade de Engenharia, sistemas de produção. UNESP – Campus de Ilha Solteira – SP, 2013.

MOUCO, M. A. C. **Manejo da floração de mangueiras no Semi-árido do nordeste brasileiro com inibidores de giberelinas** (2008). Tese (Doutorado). Botucatu: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2008.

NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; SILVA, M. B. R. DA; FERNANDES, P. D.; CHAVES, L. H. G.; Dantas Neto, J.; Gheyi, H. R. Crescimento do pinhão-manso irrigado com águas salinas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 551-558, 2009.

NORMAN, J.M.; CAMPBELL, G.S. Canopy structure. In: PEARCY, R.W.; EHLERINGER, J.R.; MOONEY, H.A.; RUNDEL, P.W. **Plant physiological ecology - field methods and instrumentation**. London: Chapman and Hall, 1989. p. 301-325.

NUNES, C. F. **Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais.

OLIVEIRA, M. I. P de; FREIRE, M. A. de; SAMPAIO, L. R.; ALBUQUERQUE, W. G. de; RODRIGUES, D. de M.; BELTRÃO, N. E. de M. Crescimento inicial de pinhão manso oriundas de sementes tratadas com cloreto de mepiquat. *In: III Congresso Brasileiro de Mamona – energia e ricinoquímica* – Salvador (BA) 2008.

OLIVEIRA, A. F. de.; CRUZ, M. do C. M.; OLIVEIRA, D. L. de.; MESQUITA, H. A. de. Paclobutrazol em oliveira submetida a diferentes regimes hídricos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2137-2148, nov./dez. 2012a.

OLIVEIRA, R.J. P.; DONINI, L.P.; NETO, D.T.F.; LEMOES, L.S.; PERES, M. M.; ANJOS e SILVA S. D. dos. Florescimento e frutificação de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) promovidos por diferentes doses de paclobutrazol, aplicadas via pulverização foliar. *In: Simpósio Estadual de Agroenergia*. IV Reunião Técnica de Agroenergia – RS. 2012b.

OLIVEIRA, R.J. P.; DONINI, L.P.; NETO, D.T.F.; LEMOES, L.S.; PERES, M. M.; ANJOS e SILVA S. D. dos. Fenologia do pinhão-manso na safra 2012/2013 no município de Pelotas-RS. *In: Simpósio Estadual de Agroenergia*. V Reunião Técnica de Agroenergia – RS. 2014.

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

PAULINO, J.; FOLEGATTI, M.V.; FLUMIGNAN, D.L.; ZOLIN C.A.; BARBOSA JÚNIOR C.R.A.; PIEDADE, S.M.S. Crescimento e qualidade de mudas de pinhão-manso produzidas em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 37-46, 2011.

PETINARI, R. A.; SORATTO R. P.; SOUZA-SCHLICK G. D. DE; ZANOTTO, M.D.; BERGAMASCO, S.M.P.P. Custos de produção e lucratividade de cultivares de mamona em diferentes arranjos de plantas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 143-149, 2012.

PIRES, M.de C. **Efeito do anelamento e do paclobutrazol no florescimento e frutificação, sobrenxertia e análise sazonal de macro e micronutrientes em (*Litchi chinensis sonn*)**. 2012. 115p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

QUEIROZ, M. F DE; FERNANDES, P.D.; NETO, J. D.; ARRIEL, N. H.C.; MARINHO, F. J. L.; LEITE, S.F. Crescimento e fenologia de espécies de *Jatropha* durante a estação chuvosa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 17, n. 4, p. 405–411, 2013.

RADEMACHER, W. Growth retardants: effects on gibberellin biosynthesis and other metabolic pathways. **Annual Review Plant Physiology Molecular Biology**, v. 51, p. 501-531, 2000.

RAMOS, P. **Crescimento vegetativo de plantas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) sob diferentes tipos de reguladores de crescimento em Gurupi-TO**. 48 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Tocantins, Campus Universitário de Gurupi – TO, 2011.

RAVEN P.H., EVERT R.F., EICHHOR S.E. Biologia vegetal, 6º edição. **Guanabara Koogan**. Rio de Janeiro, Brasil, 906 p., 2001.

RESENDE, D. M. de; SOUSA, R. J de. Efeito de doses de paclobutrazol na cultura do alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 5, p. 637-641, 2002.

RIJSSENBECK, W. *Jatropha* Handbook: first draft. *Jatropha* planting manual. **FACT Foundation**, p.14-23, 2006.

RODRIGUES, T. J. D.; LEITE, I. C. **Fisiologia vegetal: hormônio das plantas**. Jaboticabal: Funep, 2004. 78 p.

SANTOS, L. T. da S.; LOPES, P. R. C.; OLIVEIRA, I. V de M. SILVA-MATOS, R. R. S. da; RIBEIRO, A. K. dos S.; GONÇALVES, A. L. Inibidores de crescimento para a macieira (*Malus domestica*) da cv. 'eva' no vale do submédio São Francisco. **In: XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Bento Gonçalves – RS, 2012.

SANTOS, C. M.; ENDRES, L.; WANDERLEY FILHO, H. C. L.; ROLIM, E. V.; FERREIRA, V. M. Fenologia e crescimento do pinhão-manso cultivado na zona da Mata do estado de Alagoas, Brasil. *Scientia Agraria*, v. 11, p. 201-209, 2010.

SATO, M.; BUENO, O. DE C.; ESPERANCINI, M. S. T.; FRIGO, E. P. A cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.): Uso para fins combustíveis e descrição agronômica. *Revista Varia Scientia*, v. 07, p. 47-62, 2009.

SATURNINO, H. M.; PACHECO, D. D.; KAKIDA, J.; TOMINAGA, N.; GONÇALVES, N. P. **Cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)**. Informe Agropecuário, v. 26, p. 44-78, 2005.

SEBASTIAN, B.; ALBERTO, G.; EMILIO, A.C.; JOSE, A. F.; JUAN, A. F. Growth, development and color response of potted *Dianthus caryophyllus* cv. Mondriaan to paclobutrazol treatment. *Science Horticulture*, v. 94, p. 371-377, 2002.

SELEGUINI A. **Uso de paclobutrazol na produção de mudas, no crescimento, produção e qualidade de frutos de tomateiro em ambiente protegido.** (2007). Tese 101p. Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, 2007.

SENOO, S; ISODA, A. Effects of paclobutrazol on dry matter distribution and yield in peanut. *Plant Production Science* n. 6, p. 90–94, 2003.

SERCILOTO, C.M.; CASTRO, P.R.C. Uso de biorreguladores em lima ácida 'Tahiti'. *Laranja*, Cordeirópolis, v. 22, n. 2, p. 383-394, 2001.

SEVERINO, L. V.; do VALE, L. S.; BELTRÃO, N. E. D. M. A simple method for measurement of *Jatropha curcas* leaf area. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 11, n. 1 p. 9-14, 2007a.

SEVERINO, L.V.; LIMA, R. de L.S. de.; BELTRÃO, N.E. de M. Avaliação de mudas de pinhão manso em recipientes de diferentes volumes. **Embrapa**, Campina Grande-PB, Boletim de Pesquisa e desenvolvimento, n. 81, p. 16, 2007b.

SHARMA, Y. C.; SINGH, B.; S.N. UPADHYAY. Advancements in development and characterization of biodiesel: A review. *Fuel*. v. 87, n. 12, p. 2355–2373, 2008.

SILVA, P. H. M. Sistemas de propagação de mudas de essências florestais. Instituto de pesquisas e estudos florestais (IPEF) 2005. Disponível em: <<http://www.ipef.br/silvicultura/producaomudaspropagacao.asp>>. Acesso em: 13/12/2013.

SILVA, P. R. F. da; FREITAS, T. F. S. de. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 843-851, 2008.

SILVA, E. de B.; TANURE, L. P. P.; SANTOS, S. R.; RESENDE JUNIOR, P. S. de. Sintomas visuais de deficiências nutricionais em pinhão-manso. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 44, n. 4, p. 392-397, 2009.

SILVA, M. B. R.; FERNADES, P. D.; DANTAS NETO, J.; NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N.; VIEGAS, R. A. Crescimento produção do pinhão manso irrigado com água residuária sob condições de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, p. 621-629. 2011a.

SILVA, T. O. da; PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, J. O. da. Crescimento inicial e absorção de nutrientes por mudas de pinhão manso submetidas à adubação orgânica em solos distintos. **Scientia Plena**, v. 7, n. 8, p. 1-9, 2011b.

SILVA, K. S.; FARIA JUNIOR, M.J. de A. Uso de paclobutrazol como estratégia para redução do porte e da brotação lateral de plantas de tomateiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 539-546, 2011c.

SILVA, R. A.; OLIVEIRA, L. S.; FOGAÇA, J. J. N. L.; FARIA, M. P. R.; MATSUMOTO, S. N. Alterações morfológicas na cultura do algodão em função da aplicação de paclobutrazol. **Scientia Plena**, v. 10, n. 9, p. 1-9, 2014.

SIMÕES, W. L.; DRUMOND, M. A.; EVANGELISTA, M. R. V.; SILVA, D. J. **Respostas fisiológicas do pinhão-manso a diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio**. I Congresso Brasileiro de Pesquisa em Pinhão-manso, Brasília, 2009.

SIQUEIRA, D. L. de; CECON, P. R.; SALOMÃO, L.C.C. Desenvolvimento do limoeiro ‘Volkameriano’ (*Citrus volkameriana* Pasq.) submetido a doses de paclobutrazol e ácido giberélico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 3, p. 764-768, 2008.

SOUSA, J. A. de; GUERRA, H. O. C. Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função da irrigação, adubação orgânica e cobertura do solo. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 1, p. 104-112, 2012.

TAGLIANI. **Propagação de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) por sementes e miniestacas**. (2011) 96p. Dissertação (Produção Vegetal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba- PR, 2011.

TAPANES, N.C.O.; ARANDA, D.A.G.; CARNEIRO, J.W.M. Produção de Biodiesel do óleo de Pinhão Manso. Modelagem da Cinética. **II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia do Biodiesel**, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre, Artmed., 719p. 2004.



TREWAVAS, A. How do plant growth substances work? **Plant Cell Environment**, Utah, v.4, p.203-228, 1981.

VAZ, F. L.; MACIEL NETTO, A.; ANTONINO, A. C. D.; GOUVEIA, E. R.; MARTINS, J. M. F. Biodegradação de paclobutrazol por *Pseudomonas* spp. em sistemas de solo saturados. **Química Nova**, São Paulo-SP, v. 35, n. 6, p. 1090-1096, 2012.

XU, N.; YORK, K.; MILLER, P.; CHEIKH, N. Co-regulation of ear growth and internode elongation in corn. **Plant Growth Regulation**, Hague, v. 44, p. 231-241, 2004.

WU J.L.Y.; TANG L.; ZHANG F.; CHEN F. A study on structural features in early flower development of *Jatropha curcas* L. and the classification of its inflorescences. **African Journal Agricultural Research**, v. 6, n. 2, p. 275–284, 2011.

XIA H. P. Effects of plant growth retardants on growth of vetiver grass. **TVN News Online** (2004). Disponível em: <<http://www.vetiver.com./CHN-growretard.htm>>. Acesso em: 19/11/2014.

ZENG, Y. L.; FENG, Y. L.; LEI, Y. B.; YANG, C.Y. Different photosynthetic response to night chilling among twelve population of *Jatropha curcas*. **Photosynthetica**, v. 47, p. 559-566.