

## PRODUÇÃO DE MUDAS DE TAMARINDO SUBMETIDAS AO TRATAMENTO COM ÁCIDO GIBERÉLICO<sup>1</sup>

### *PRODUCTION OF TAMARIND SUBMITTED TO TREATMENT WITH GIBBERELIC ACID*

Fabiana Aparecida da Costa Dutra<sup>2</sup> e Glauce Portela de Oliveira<sup>3</sup>

#### RESUMO

O estudo de metodologias em análise de sementes assume um importante papel dentro de pesquisas em tecnologia de sementes. A procura por mudas tem crescido muito para atender um grande mercado de reflorestamento. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes formas de aplicação e concentrações de ácido giberélico no desenvolvimento de mudas de tamarindo. Foram utilizadas mudas de tamarindo, compondo oito tratamentos e cinco repetições, dispostos em delineamento inteiramente casualizado. As concentrações de ácido giberélico foram de 0, 25, 75 e 100%, aplicados em semeadura e via foliar. As plântulas foram avaliadas aos 40 dias após a semeadura, em diâmetro do caule, comprimento de plântula, massa seca de plântula e número de folhas. Para todos os tratamentos via foliar, obteve-se resultado superior com exceção do diâmetro do caule que apresentou resultados semelhantes para ambos os tratamentos. O ácido giberélico exerceu efeito positivo sobre o crescimento das plântulas de tamarindo, recomendando-se as aplicações via foliar.

**Palavras-chaves:** Giberelina, GA<sub>3</sub>, Produção de Frutíferas, *Tamarindus indica* L.

#### ABSTRACT

*The study of methodologies in seed analysis plays an important role in research on seed technology. Demand for seedlings has grown a lot to meet a large reforestation market. The objective of this work was to evaluate the effect of different forms of application and concentrations of gibberellic acid on the development of tamarind seedlings. Tamarind seedlings were used, composing eight treatments and five replications, arranged in a completely randomized design. The concentrations of gibberellic acid were 0, 25, 75 and 100%, applied in sowing and foliar via. Seedlings were evaluated at 40 days after sowing, in stem diameter, seedling length, dry seedling mass and leaf number. For all leaf treatments, a superior result was obtained with the exception of stem diameter, which presented similar results for both treatments. The gibberellic acid had a positive effect on the growth of tamarind seedlings, recommending foliar applications.*

**Keywords:** Gibberellin, GA<sub>3</sub>, Fruit production, *Tamarindus indica* L.

<sup>1</sup> Trabalho de conclusão de curso - Curso de Ciências Biológicas.

<sup>2</sup> Bióloga - Graduada pelo Univag - Centro Universitário, Várzea Grande, Mato Grosso. Email: [fab19.ac@hotmail.com](mailto:fab19.ac@hotmail.com)

<sup>3</sup> Orientadora - Doutora em Agricultura Tropical pela Universidade Federal de Mato Grosso, FAAZ, Cuiabá, Mato Grosso. Email: [glauceoli@gmail.com](mailto:glauceoli@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

O estudo de metodologias em análise de sementes florestais assume um importante papel dentro de pesquisas em tecnologia de sementes, fornecendo informações que exprimem a qualidade fisiológica do lote de sementes, cujos objetivos seriam tanto a preservação como a utilização dessas plantas, com os mais variados interesses (ANDRADE; PEREIRA, 1994).

O tamarindeiro, também chamado tamarineiro, pertence à classe Dicotyledoneae, família Leguminosae, tem nome científico *Tamarindus indica* L. (GÓES, 2011), sendo originário da África Equatorial, Sudeste da Ásia e da Índia, e que se desenvolve em regiões tropicais e subtropicais, com temperatura média ideal de 25° C (QUEIROZ, 2010).

No Brasil, difundido e cultivado há séculos, o tamarindeiro está presente principalmente nos Estados da região nordeste, sendo considerado uma árvore de multiuso (FERREIRA *et al.*, 2008).

Devido à sua grande beleza e produção de sombra, é uma árvore muito apreciada para ornamentação, para arborização e urbanização, apesar de apresentar crescimento lento (PEREIRA *et al.*, 2008).

Como forma de acelerar e melhorar a germinação de sementes, e também promover o crescimento das plantas jovens, vários pesquisadores preconizaram o uso de reguladores vegetais (PRADO NETO *et al.*, 2007).

Reguladores de crescimento têm sido constantemente usados em várias culturas como uma técnica agrônômica para aumentar a produção, e se concentra em dominar e controlar processos fisiológicos e os resultados têm sido surpreendentes (DAVIES, 2004).

Os hormônios vegetais estão envolvidos em cada aspecto do crescimento e desenvolvimento da planta, e sendo natural ou hormônios sintéticos podem ser aplicados nas folhas, frutos e sementes com a finalidade de melhorar a qualidade e facilitar colheita (KLAHOLD *et al.*, 2006).

De acordo com Leite e Hebling (2007), entre os reguladores de crescimento estão as giberelinas, que controlam a germinação, o crescimento por alongamento, além de outras funções.

A aplicação exógena de GA<sub>3</sub> (ácido giberélico) provoca um excesso de alongamento do caule em plantas anãs e em forma de rosetas; associada a esse efeito há a diminuição na espessura do caule, assim como alongamento dos entrenós (ALMEIDA e VIEIRA, 2009).

A produção de mudas de ótima qualidade são estratégias usadas para produtores que desejam produzir e exportar, e estudos tem sido realizados com a intenção de reduzir o tempo entre semeadura e a emergência das plântulas e alguns tratamentos já mostram eficiência neste sentido. A procura por mudas tem crescido muito para atender um grande mercado de reflorestamento para implantação de parques, até mesmo para atender à arborização urbana.

Sabendo-se que a giberelina é responsável pelo crescimento e alongamento das plantas, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes formas de aplicação e concentrações de ácido giberélico no desenvolvimento de mudas de tamarindo.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, da Universidade Federal de Mato Grosso, em Cuiabá - MT, no período de 06 de março a 17 de abril de 2015. Foram utilizadas mudas de tamarindo, provenientes de sementes de uma árvore matriz, produzidas no município de Sapezal-MT, obtidas de frutos maduros despolpados. As sementes foram lavadas em água corrente e secas à sombra em temperatura ambiente.

As mudas foram produzidas em sacos plásticos de polietileno com capacidade de um litro, com substrato Tecnomax®, regadas diariamente com 150 ml de água, compondo oito tratamentos e cinco repetições em esquema fatorial, dispostos em delineamento inteiramente casualizado.

As soluções aquosas com ácido giberélico foram obtidas a partir da solução a 100% de concentração, com a dissolução de um grama de ácido giberélico em 20 ml de álcool, adicionando água destilada até completar um litro. A partir desta, foram realizadas posteriores dissoluções (acrescentando água destilada) visando as concentrações necessárias para compor cada tratamento. Os tratamentos encontram-se descritos na Tabela 1.

**Tabela 1-** Descrição dos tratamentos realizados nas mudas de tamarindo com aplicação de ácido giberélico.

Tratamento	Descrição
1	água, sem ácido giberélico, durante a semeadura;
2	solução aquosa com 25% de ácido giberélico, durante a semeadura;
3	solução aquosa com 75% de ácido giberélico, durante a semeadura;
4	solução aquosa com 100% de ácido giberélico, durante a semeadura.
5	água, sem ácido giberélico, via aspersão foliar;
6	solução aquosa com 25% de ácido giberélico, via aspersão foliar;
7	solução aquosa com 75% de ácido giberélico, via aspersão foliar;
8	solução aquosa com 100% de ácido giberélico, via aspersão foliar.

**Fonte:** Construção do autor

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, onde os tratamentos constavam de 4 doses de aplicação de ácido giberélico via foliar e 4 doses de aplicação de ácido giberélico via sementes, sendo cinco repetições para cada tratamento, totalizando 40 unidades experimentais.

Para os tratamentos aplicados no momento da semeadura, foram adicionados 50 ml da solução, durante a implantação da semente no substrato, e após foram regadas normalmente.

Já para a aplicação foliar, 21 dias após a semeadura (DAS), quando as plantas encontravam-se com três e quatro folhas expandidas, foi realizada a aspersão foliar no início da manhã. As pulverizações foram realizadas com um pulverizador manual sendo realizadas diariamente, com a solução correspondente para cada tratamento.

Para todos os tratamentos foram realizadas as seguintes avaliações:

**Diâmetro do caule:** Foram realizadas medições do diâmetro do caule (na altura dos cotilédones), com o auxílio de um paquímetro digital. Os resultados foram expressos em centímetro (cm).

Comprimento de plântula: A medida do comprimento foi obtida por meio de uma régua milimetrada em centímetro, determinando o comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR) de cada tratamento. Os resultados foram expressos em centímetro (cm).

Peso seco de plântula: Foram separados com o auxílio de estilete, a raiz e a parte aérea. Em seguida, cada parte da plântula foi colocada em sacos de papel individuais, devidamente identificados e levados para secar em estufa a  $\pm 60^{\circ}\text{C}$  por 72 horas (NAKAGAWA, 1999). Foi então, obtido a massa seca constante da raiz e da parte aérea através de balança analítica. As amostras foram pesadas em balança analítica de precisão, e calculada a média para cada tratamento. Os resultados foram expressos em grama (g).

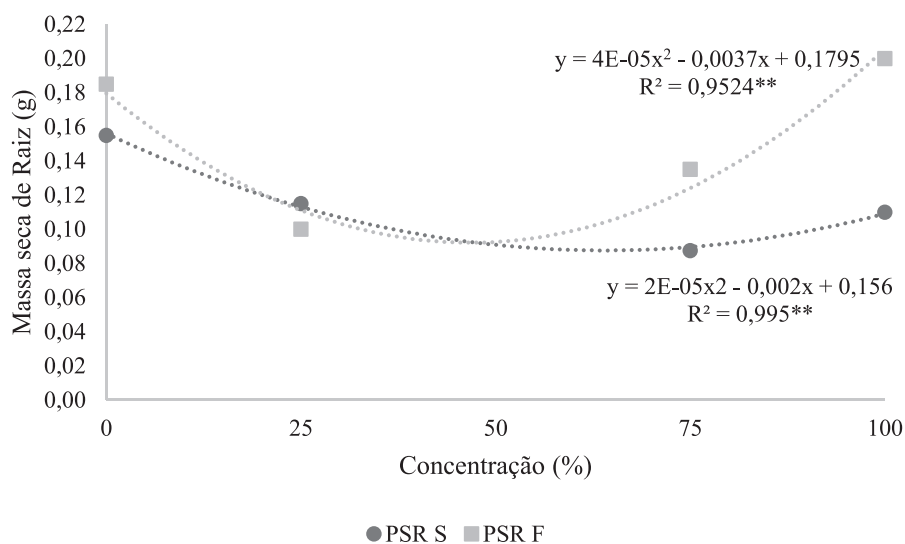
Número de folhas: Realizado ao final do experimento, aos 39 dias após a semeadura (DAS), contabilizado o número de folhas expandidas em cada tratamento.

Foi realizada análise de variância e teste de médias. As análises foram realizadas por meio programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a massa seca de raiz (Figura 1) foi observado um crescimento a partir da concentração 75% em ambos os tratamentos. No entanto a aplicação do ácido giberélico via foliar, obteve resultados superiores para esta característica.

**Gráfico 1** - Massa seca de raiz de plântulas de tamarindo submetidas a diferentes tratamentos com ácido giberélico. Massa seca de raiz, com tratamento via semente (PSR S) e Massa seca de raiz, com tratamento foliar (PSR F).



Fonte: Construção do autor

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

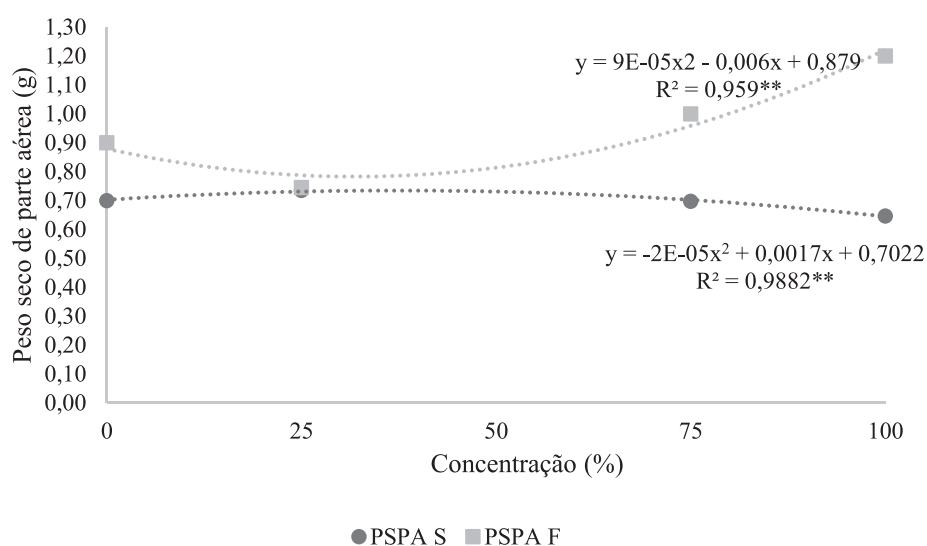
O resultado da massa seca de raiz em tratamento via sementes se diferem dos resultados encontrados por Peixoto *et al.* (2011), que trabalhando com sementes pré-embebidas de mamoneira,

observaram um incremento significativo na massa seca de raiz para o tratamento 100  $\mu\text{L L}^{-1}$  de giberelina líquida, promovendo melhores resultados.

De acordo com Wagner Junior *et al.* (2012), trabalhando com a influência de substratos e do ácido giberélico em pessegueiros, verificou-se que houve uma variação do peso de massa seca de raiz com as aplicações do ácido a depender do tipo de substrato utilizado. O mesmo autor acredita que os substratos utilizados podem ter interferido na ação do  $\text{GA}_3$  que pode explicar as mais diferentes respostas para a massa seca.

A massa seca de parte aérea, representado a seguir na Figura 2, apresenta aumento nas gramas quando as plântulas foram submetidas ao tratamento via foliar. Já para o tratamento via semente houve decréscimo na produtividade desta característica.

**Gráfico 2** - Massa seca de parte aérea de plântulas de tamarindo submetidas a diferentes tratamentos com ácido giberélico. Massa seca de parte aérea, com tratamento via semente (PSPA S) e Massa seca de parte aérea, com tratamento foliar (PSPA F).



Fonte: Construção do autor

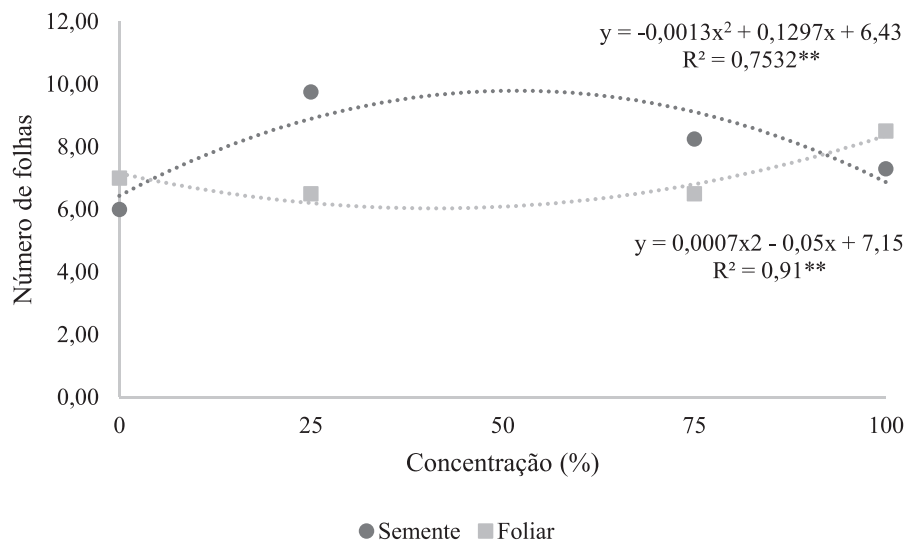
\*\*Significativo a 1% de probabilidade

Trabalhando com qualidade fisiológica de sementes de mamona (LIMA *et al.*, 2007), explicam que a massa seca da parte aérea aumentou conforme o incremento da concentração de giberelina, e puderam concluir que as sementes de mamona cv. Guarani precisam de doses maiores de giberelina para que haja sucesso no processo germinativo. Pode-se assim explicar o aumento das gramas de tamarindo quando submetidas ao tratamento via foliar.

Resultados diferentes tiveram Lima *et al.* (2009), que trabalhando com a germinação de jacas, os autores afirmam que para a massa seca de folhas (MSF), os resultados aparecem com diferenças entre os tratamentos, sendo o tratamento sem embebição (0,123  $\text{g planta}^{-1}$ ), superior aos tratamentos com água destilada e ácido giberélico, com valores médios de 0,065 e 0,068  $\text{g planta}^{-1}$ , respectivamente.

O gráfico representado pela Figura 3, evidenciou um aumento no número de folhas ao tratamento com ácido giberélico via foliar a partir da concentração de 100%. Porém, o tratamento via semente, a aplicação com 25% foi a única eficaz para esse atributo.

**Gráfico 3** - Número de folhas de plântulas de tamarindo submetidas a diferentes tratamentos com ácido giberélico. Tratamento via semente (Semente) e Tratamento foliar (Foliar).



Fonte: Construção do autor  
 \*\*Significativo a 1% de probabilidade

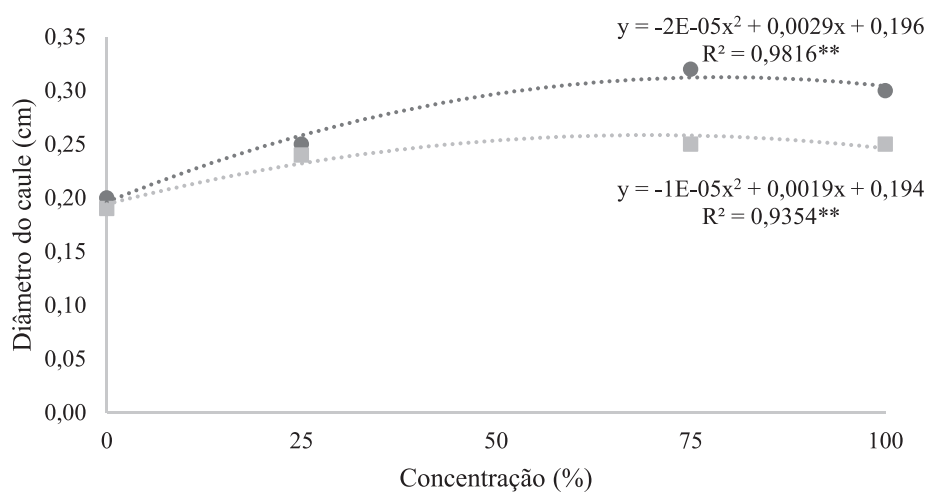
Estudando os efeitos da giberelina no crescimento e desenvolvimento do fumo tipo Sumatra, Almeida e Vieira (2006), aplicaram-se os tratamentos por meio de pulverizações foliares, e constataram que houve uma significância quanto ao número de folhas aplicados em concentrações maiores (4 pulverizações). Mesmo resultados ocorreram ao trabalho de Pio *et al.* (2012), em que 30 dias após a semeadura do marmeleiro japonês as folhas aplicados com o regulador vegetal via foliar, estimulou um aumento linear de 11,18 folhas com a aplicação de 300 mg de GA<sub>3</sub>.

Entretanto, Tavares *et al.* (2007), trabalhando com o crescimento de palmeira ráfia, obtiveram resultados diferentes, verificaram-se que a variável número de folhas (NF) não foram significativamente alteradas com a utilização do regulador vegetal devido ao crescimento relativamente lento da espécie.

O aumento das folhas na aplicação via foliar, pode estar relacionado com o fato de que o GA<sub>3</sub>, induziu a quebra de dormência da gema apical, proporcionando assim, um maior número de folhas nas plantas (MACHADO, BIASI e COSTACURTA, 2005).

Quanto ao diâmetro do caule (Figura 4), obtiveram resultados semelhantes para ambos os tratamentos, onde 75% foi a concentração que proporcionou a maior média para diâmetro de caule das plântulas.

**Gráfico 4** - Diâmetro do caule de plântulas de tamarindo submetidas a diferentes tratamentos com ácido giberélico. Tratamento via semente (Semente) e Tratamento foliar (Foliar).



● Semente ■ Foliar

Fonte: Construção do autor

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

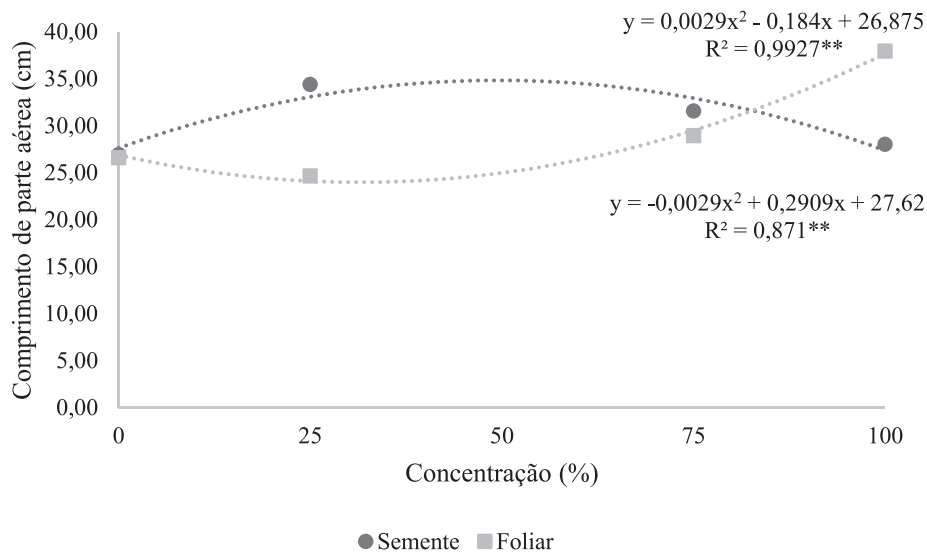
Wagner Junior *et al.* (2008), trabalhando com crescimento inicial de mudas de pessegueiro, realizou a aplicação do ácido giberélico nas concentrações de 0, 50, 100, 150 e 200 mg após os intervalos de 60, 80 e 100 dias, e observou que o desenvolvimento do caule apresentou comportamento semelhantes em todas as concentrações de  $GA_3$ , diferindo somente nos tempos de avaliação.

Aplicando ácido giberélico para o crescimento da palmeira ráfia, trabalho realizado por Tavares *et al.* (2007), afirmam que os tratamentos nas concentrações de 225 e 300 mg de  $GA_3$  apresentaram, ao final do experimento, menor diâmetro do caule, esses resultados indicam que o  $GA_3$  atuou sobre o alongamento do pecíolo em detrimento do aumento do diâmetro. Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira *et al.* (2005), nos quais aplicações de giberelinas não foram adequadas para incrementar o diâmetro do caule do maracujazeiro-doce.

Carvalho Junior (2013), avaliando o efeito de ácido giberélico em sementes de mamoneira, verificou que o uso de ácido giberélico em doses supra ótimas pode causar redução sobre esta variável de crescimento, dependendo da época de aplicação e da toxicidade.

Observa-se na Figura 5, um crescimento para o comprimento da parte aérea via foliar, podendo deste modo, comprovar que a aplicação do ácido giberélico, favoreceu o crescimento à medida que aumentou a concentração. No entanto para o tratamento via sementes, houve decréscimos no rendimento dessas estruturas, devido que as sementes podem não ter sintetizado quantidades suficientes de ácido giberélico.

**Gráfico 5** - Comprimento de parte aérea de plântulas de tamarindo submetidas a diferentes tratamentos com ácido giberélico. Tratamento via semente (Semente) e Tratamento foliar (Foliar).



Fonte: Construção do autor

\*\*Significativo a 1% de probabilidade

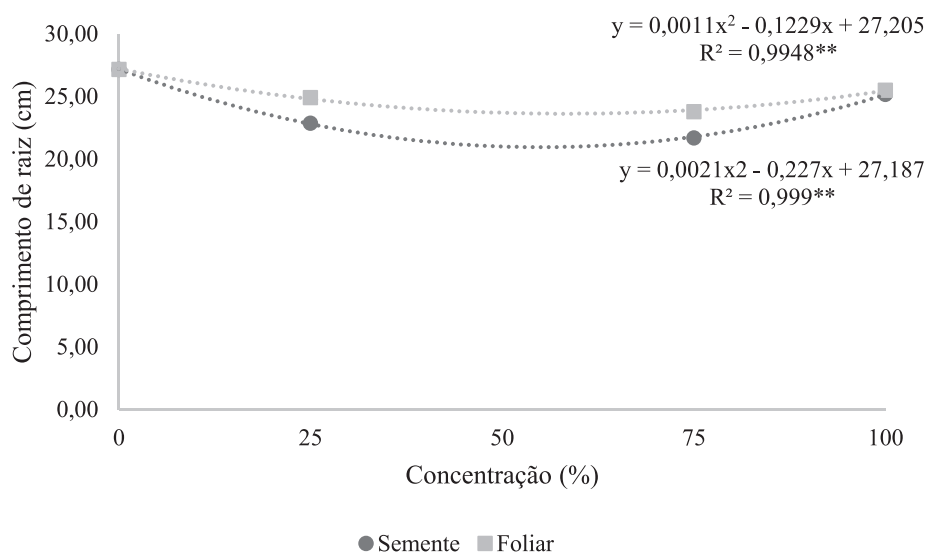
Pio *et al.* (2012), analisando o crescimento de marmeleiro japonês, divulgou uma comparação do comprimento médio da parte aérea das plântulas, observando que a ausência da aplicação propiciou comprimento médio das plântulas de 7,67 cm. Porém, as aplicações crescente do regulador vegetal estimulou o aumento linear do comprimento das plântulas, chegando a atingir 10,94 cm com a concentração de 300 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub>, incremento de 3,27 cm em relação a ausência de tratamento.

Leite e Hebling (2007), trabalhando com efeito do ácido giberélico em sementes de *Cattleya warnerii* T. Moore, afirma que o uso de giberelina em plantas de orquídeas teve um resultado negativo, pois o comprimento de folhas aumentou, porém, o número de folhas diminuiu, e também apresentaram sinais de clorose. Há indicativos que durante a germinação, as sementes sintetizam a quantidade necessária de giberelina, de modo que qualquer adição altera a concentração para supra ótima.

A Figura 6, representa que ambos os tratamentos foram crescentes a partir da concentração de 75%. Porém o crescimento via foliar, obteve um melhor resultado para esta característica.



**Gráfico 6** - Comprimento de raiz de plântulas de tamarindo submetidas a diferentes tratamentos com ácido giberélico. Tratamento via semente (Semente) e Tratamento foliar (Foliar).



Fonte: Construção do autor  
 \*\*Significativo a 1% de probabilidade

LIMA, *et al.* (2009) em germinação de sementes e crescimento de maracujá, esclarecem que com a imersão de 96 horas, as concentrações crescentes de GA<sub>3</sub> proporcionaram um incremento no aumento das raízes. O qual entra em contraste com a avaliação de Simões *et al.* (2012), que afirmam que o crescimento de raízes de pimenta longa, foi significativamente menor com tratamento com ácido giberélico, os mesmos concluem que quanto maior a concentração de GA<sub>3</sub> menor o comprimento das raízes.

Almeida e Vieira (2009), analisando o desenvolvimento do fumo tipo Sumatra, dizem não haver efeitos quanto ao crescimento da raiz com uma ou quatro pulverizações de GA<sub>3</sub>, explicando que o seu crescimento é indireto em função da sua ação no crescimento da parte aérea.

## CONCLUSÃO

O ácido giberélico exerceu efeito positivo sobre o crescimento das plântulas de tamarindo, recomendando-se as aplicações via foliar.

O diâmetro do caule, obteve resultados semelhantes para os tratamentos via sementes e foliar, onde a concentração de 75% foi a que alcançou maior média entre as plântulas.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. Q.; VIEIRA, E. L. Efeito da giberelina líquida no crescimento e desenvolvimento do tipo Sumatra. *Revista FZVA*, v. 16, n. 2, p. 204-219, 2009.

ANDRADE, A. C. S.; PEREIRA, T. S. Efeito do substrato e da temperatura na germinação e no vigor de sementes de cedro - *Cedrela odorata* L. (Meliaceae). **Revista brasileira de sementes**, v. 16, n. 1, p. 34-40, 1994.

CARVALHO JUNIOR, G. S. Aplicações isoladas e conjuntas de ácido giberélico e ácido salicílico na mamoneira, cultivar BRS energia. 2013. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.

DAVIES, P. J. **Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction**. Ithaca: Springer, 2004. 750 p.

FERREIRA, E. A. *et al.* Adubação fosfatada e potássica na formação de mudas de tamarindeiro. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 4, p. 475-480, 2008.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039 - 1042, 2011.

GÓES, G. B. Propagação do tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.) e da pitombeira (*Talisia esculenta* Radlk) por enxertia. 2011. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia Fitotecnia) Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró.

KLAHOLD, C. A. *et al.* Resposta da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) à ação de bioestimulante. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 179-185, 2006.

LEITE, V. C. A; HEBLING, S. A. Efeito do ácido giberélico (GA<sub>3</sub>) e da luz na germinação in vitro de sementes de *Cattleya warnerii* T. Moore. **Natureza online**, v. 5, n. 2, p. 55-62, 2007.

LIMA, C. S. M. Germinação de sementes e crescimento de maracujá em diferentes concentrações do ácido giberélico, tempos de imersão e condições experimentais. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 15, n. 1-4, p. 43-48, 2009.

LIMA, J. F. *et al.* Germinação de sementes pré embebidas e crescimento de plantas de *Artocarpus heterophyllus* Lam. **Scientia Agraria**, v. 10, n. 6, p. 437-441, 2009.

LIMA, M. G. S. *et al.* Qualidade Fisiológica de Sementes de Mamona Submetidas a Diferentes Concentrações de Giberelina. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 738-740, 2007.

MACHADO, M. P. ; BIASI, L. A.; COSTACURTA, M. A. Aplicação de ácido giberélico em mudas micropropagadas do porta-enxerto de macieira ‘*Marubakaido*’. **Scientia Agrária**, v. 16, n. 1-2, p. 55-58, 2005.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor em sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999, p. 2.1-2.24.

OLIVEIRA, A. *et al.* Efeito de reguladores vegetais no desenvolvimento de mudas de *Passiflora alata* Curtis. **Revista brasileira de fruticultura**, v. 27, n. 1, p. 9-13,2005.

PEIXOTO, C. P. *et al.* Ação da giberelina em sementes pré-embebidas de mamoneira. **Comunicata Scientiae**, v. 2, n. 2, p. 70-75, 2011.

PEREIRA, P. C. *et al.* Influência do tamanho de sementes na qualidade de mudas de tamarindeiro. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, p. 73-79, 2008.

PIO, *et al.* Pulverização foliar com ácido giberélico no crescimento do porta-enxerto de marmeleiro ‘japonês’. **Revista Agrarian**, v. 5, n. 18, p. 325-329, 2012.

PRADO NETO, M. *et al.* Germinação de sementes de jenipapeiro submetidas à pré- embebição em regulador e estimulante vegetal. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 693-698, 2007.

QUEIROZ, J. M. O. Propagação do tamarindeiro (*Tamarindus indica* L.). 2010. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

SIMÕES, M. A. *et al.* Efeito do ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) no alongamento *in vitro* de plântulas de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) durante a micropropagação. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 7, n. 14, p. 33-41, 2012.

TAVARES, A. R. *et al.* Efeito da aplicação de ácido giberélico no crescimento da palmeira ráfia. **Revista árvore**, v. 31, n. 6, p. 999-1004, 2007.

WAGNER JUNIOR, A. *et al.* Ácido giberélico no crescimento inicial de mudas de pessegueiro. **Ciências agrotécnica**, v. 32, n. 4, p. 1035-1039, 2008.

WAGNER JUNIOR, A. *et al.* Influência do substrato e do ácido giberélico no desenvolvimento inicial do pessegueiro progênie 290. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 18, n. 1-4, p. 11-20, 2012.