

CRESCIMENTO INICIAL DE *JATROPHA CURCAS* L. EM RESPOSTA A DIFERENTES SUBSTRATOS E FONTES NITROGENADAS

Danubia Rejane Silva Brito¹, Joab Medeiros de Araújo¹, Amanda Silva Costa¹, Lilian Azevedo Silva², Ricardo Almeida Viégas³

Resumo: O pinhão-manso, *Jatropha curcas* L., pertencente à família Euphorbiaceae, apresenta potencialidade para produção de biodiesel, fato que tem despertado o interesse dos pesquisadores, observado pelo aumento de estudos voltados a esta cultura. A presente pesquisa teve como objetivo estudar o efeito de dois substratos: S1 - solo argiloso e S2 - solo argiloso e areia, na proporção 1:1, e três fontes nitrogenadas (N1 – sulfato de amônio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$); N2 – nitrato de cálcio $(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O})$ e N3–ureia $(\text{NH}_2)_2 \text{CO}$), no crescimento inicial de pinhão-manso. O ensaio foi conduzido em ambiente com sombreamento de 50%. Os tratamentos foram dispostos em um fatorial 4 x 2, correspondendo, respectivamente, às fontes de nitrogênio, controle experimental (ausência de N) e substratos. Os tratamentos foram distribuídos de acordo com o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições. As condições de cultivo que apresentaram melhores resultados foram aqueles em que as mudas foram cultivadas no substrato S2, e receberam como fontes nitrogenada ureia e nitrato de cálcio.

PALAVRAS-CHAVE: Oleaginosa. Nutrição Mineral. Produção de Mudas.

¹Engenheiro Florestal, Mestre em Ciências Florestais, UFCG/Patos-PB, Brasil, danubiarejane@hotmail.com;

² Bióloga, Mestre em Ciências Florestais, UFCG/Patos-PB, Brasil, lilian_pb@hotmail.com;

³Engenheiro Florestal, Professor Doutor, Engenharia Florestal, UFCG/Patos-PB, Brasil, ravigas@uol.com.br

INITIAL GROWTH OF *JATROPHA CURCAS* L. IN RESPONSE TO DIFFERENT SUBSTRATES AND NITROGEN SOURCES

Abstract: The physic nut, *Jatropha curcas* L., belongs to Euphorbiaceae family and it has potential to produce oil for biodiesel what in turn has raised the researcher's interest as observed by the increasing of studies on this culture. The present research was aimed at study the effect of two different substrates: S1 - clay soil and S2 - clay soil:sand, in proportion 1:1, and three nitrogen sources (N1 – ammonium sulfate ((NH₄)₂SO₄); N2 – calcium nitrate (Ca(NO₃)₂.4H₂O); N3 –urea ((NH₂)₂ CO)), on the early growth of physic nut. The trial was conducted in an environment with 50% shade. Treatments were arranged in a factorial 4 x 2, correspond respectively to the nitrogen sources, experimental control (absence of N) and substrates. The treatments were arranged according to a completely randomized design (CRD) with five repetitions. The growth conditions that lead to better results were those in which the seedlings were grown in substrate S2, and received as nitrogen sources urea and calcium nitrate.

KEY WORDS: Oilseed. Mineral Nutrition. Production of Seedlings.

INTRODUÇÃO

O pinhão-mansão (*Jatropha curcas* L.), assim como a mamona e a mandioca, pertence à família das Euphorbiaceae e vem sendo difundida em diversas regiões do Brasil e do mundo por apresentar potencial como fornecedora de matéria prima para produção de biocombustível (GUIMARÃES, 2008).

A redução na emissão de CO₂ na atmosfera é uma exigência climática e torna importante o uso e o aumento na escala de produção de biocombustíveis (MORAIS, 2010). O biodiesel é produzido

a partir da reação de transesterificação dos óleos vegetais puros ou usados ou gordura animal (PEREIRA, 2009). Embora esta empregabilidade tenha despertado o interesse dos investigadores no sentido de se ter maior conhecimento sobre a fisiologia de crescimento do pinhão-mansão, ainda são escassas informações das necessidades nutricionais desta planta, na fase de viveiro.

O percentual de sobrevivência no campo e a maior produtividade das culturas oleaginosas dependem diretamente da qualidade das mudas. Neste caso, a

qualidade do substrato é fundamental para garantir desenvolvimento desejável em curto intervalo de tempo e com custos reduzidos (CAMARGO et al., 2011). Além da importância física e biológica, a fertilidade natural de cada substrato desempenha papel igualmente importante na formação da nova planta.

É, portanto, necessário, dar importância a fertilidade dos substratos utilizados para a produção de mudas e segundo Tucci et al. (2009), o fósforo, o potássio e, particularmente, o nitrogênio, devem estar presente no substrato, desde que influenciam na qualidade das mudas e levam a uma redução nos índices de mortalidade no campo.

O Pinhão-manso é uma espécie que se adapta a solos de baixa fertilidade natural. Contudo ao se considerar os fatores, produtividade e produção comercial, o pinhão-manso, cultivado em solos pouco férteis, produzirá frutos para garantir, apenas, a perpetuação de sua espécie; por outro lado, quando o interesse é alta produtividade se faz necessário significativo aporte de insumos (OLIVEIRA, 2009).

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de dois diferentes substratos e três fontes de N sobre a morfofisiologia de crescimento de plantas jovens de pinhão-manso, na fase de muda.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido entre agosto e outubro de 2012, em telado (sombreamento de 50%) localizada no Viveiro Florestal da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Campus de Patos, PB, cujas coordenadas geográficas são: 7°03'32,03" S, 37°16'32,03" W e altitude de 255 m.

O ensaio foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado (DIC), considerando o fatorial 4 x 2, correspondendo ao controle experimental, fontes de N e aos substratos, respectivamente, perfazendo 8 tratamentos; cada tratamento contou com 5 repetições. A composição individual de cada substrato foi: S1 – solo argiloso e S2 – solo argiloso e areia na proporção 1:1, volume/volume. As fontes nitrogenadas utilizadas foram: N1 – sulfato de amônio ((NH₄)₂SO₄); N2 – nitrato de cálcio (Ca(NO₃)₂.4H₂O) e N3 – ureia ((NH₂)₂ CO). O controle experimental, N4, correspondeu a ausência da adição de N aos substratos.

A combinação dos fatores experimentais correspondeu aos seguintes tratamentos: N1S1 (sulfato de amônio + solo argiloso); N1S2 (sulfato de amônio + solo argiloso:areia); N2S1 (nitrato de

cálcio + solo argiloso); N2S2 (nitrato de cálcio + solo argiloso:areia); N3S1 (ureia + solo); N3S2 (ureia + solo argiloso:areia); N4S1 (controle experimental + solo argiloso) e N4S2 (controle experimental + solo argiloso:areia).

A parcela experimental foi constituída por um vaso, com uma planta, mudas com até 80 dias; o número de parcelas experimentais deste experimento foi determinado com base na procedência do material propagativo utilizado que é geneticamente idêntico. As sementes utilizadas foram previamente selecionadas com peso individual médio de 0,70g (lote 3P10) fornecidas pelo Instituto Fazenda Tamanduá, município de Santa Terezinha, PB, local onde foi realizada a coleta do solo argiloso utilizado na presente pesquisa.

A comparação das médias obtidas nos tratamentos foi feita utilizando o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

No semeio foram utilizadas 5 sementes por vaso plástico, cada vaso apresentava capacidade para 3,5L de substrato, com dimensões de 19cm de diâmetro na parte superior e 10,5cm na inferior, e altura de 17,5cm. Decorridos 10 dias da emergência foi realizado desbaste de modo a deixar apenas uma planta por vaso, com base nos seguintes critérios: maior tamanho em altura, maior diâmetro

do coleto, ausência de danos mecânicos, qualidade fitossanitária e ausência de danos provocados por insetos.

Durante todo o período experimental as mudas receberam regas diárias, no início do dia. Quando houve necessidade foi realizada uma rega adicional para suprir as necessidades hídricas das plantas, no final da tarde. Nas irrigações foi utilizada água de abastecimento da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA) em quantidade suficiente para que a umidade do solo fosse mantida próxima à sua capacidade de campo, em todos os tratamentos.

A adubação nitrogenada, a exceção do controle experimental, foi aplicada via fertirrigação aos respectivos tratamentos, independente da fonte utilizada, duas vezes por semana (5mM/planta). Concomitantemente à adubação nitrogenada procedeu-se a adubação complementar, inclusive no controle experimental, composta por micronutrientes e KH_2PO_4 em concentrações correspondentes a 2 e 3 mM/Planta, respectivamente. Esta adubação complementar foi o critério aqui sugerido, para garantir um ambiente nutricional, semelhante a todos os tratamentos.

Aos 30 dias após o semeio e, subsequentemente, a cada 10 dias, foram

avaliadas as seguintes características: altura (H), diâmetro do coleto (D), número de folhas (NF) e área foliar (AF). Decorridos 80 dias da semeadura as plantas foram cortadas rente ao solo e foram separadas em parte aérea (caule e folhas) e raízes. O material vegetal foi seco em estufa a 65 °C, até peso constante, para determinação do peso da massa seca total (MST), peso da massa seca da parte aérea (MSPA) e peso da massa seca das raízes (PR) (MAIA et al., 2011). No momento da colheita das plantas foi também determinado o comprimento do sistema radicular (CR).

A avaliação dos parâmetros foi conduzida em acordo com os seguintes procedimentos: *Altura da planta* – distância entre a base ao nível do solo até a gema apical, coletada por meio de régua graduada aos 15; 25; 35; 45; 55 e 65 dias após a emergência; *Diâmetro do coleto* – obtido por meio de paquímetro digital, a

uma altura de 3 cm do solo; *Número de folhas* – contagem individual do número total de folhas presentes em cada muda; *Comprimento do sistema radicular* – medido desde o coleto até a ponta da raiz principal; procedimento feito com uma régua graduada; *Massa seca do material vegetal (raiz, caule e folhas)* – a secagem do material foi feita em estufa de circulação forçada a 65°C, até peso constante. *Área foliar* – medição feita de acordo com a metodologia proposta por Severino et al.(2007). A área foliar foi obtida da seguinte forma:

$$A = 0,84 (LW)^{0,99} \quad (1)$$

Onde A significa, área foliar; L, comprimento do pecíolo; W, largura da folha.

Amostras dos substratos utilizados no experimento foram armazenadas antes da instalação, para análises físicas e de fertilidade (Tabela 1).

Tabela 1. Resultados das análises químicas e físicas dos substratos utilizados no presente estudo.

| Análises químicas | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|-----|------|------|------|------|------|
| substrato | pH | P | Ca | Mg | K | Na | H+Al | T | V |
| | CaCl ₂ 0,01M | mg.dm ⁻³ | -----cmol.dm ⁻³ ----- | | | | | | % |
| solo | 5,95 | 11,9 | 8,9 | 3,0 | 0,15 | 1,3 | 2,5 | 15,9 | 84,2 |
| solo:areia | 5,9 | 5,0 | 3,6 | 1,0 | 0,12 | 0,83 | 2,5 | 8,0 | 68,9 |
| Análises físicas | | | | | | | | | |
| substrato | granulometria g.kg ⁻¹ | | | | | | | | |
| | Areia | Silte | Argila | | | | | | |
| Solo | 600 | 180 | 220 | | | | | | |
| solo:areia | 740 | 100 | 160 | | | | | | |

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura média observada para as mudas de pinhão-mansão situaram-se entre 18,30 e 32,10 cm, valores estes considerados bom em relação a este parâmetro durante o período que compreende o experimento (80 dias) (Tabela 2), o rápido crescimento inicial é uma característica da planta de pinhão-mansão conforme mostra pesquisa realizada por Morais (2010). Constata-se que as maiores médias, em altura ($P < 0,05$), ao final do período experimental, foram observadas para os tratamentos que receberam nitrato de cálcio (N2) e ureia (N3), como fontes nitrogenadas,

comparativamente ao tratamento controle e sulfato de amônio (N1). Entre N2 e N3 não houve diferença significativa ($P \geq 0,05$). Em relação aos substratos se observa que as plantas apresentaram melhor desempenho em altura quando cultivadas em S2 (solo argiloso:areia) (Tabela 2), com incrementos significativos ($P < 0,05$), se comparado a S1, quando as fontes nitrogenadas foram N1, sulfato de amônio e N3, ureia. A combinação das características físicas e químicas dos substratos é importante para que as plantas de pinhão-mansão garantam maior crescimento (LIMA et al., 2009).

Tabela 2. Altura de plantas jovens de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) nos diferentes substratos e fontes testadas, após 80 dias de experimento.

| | Altura (cm) | |
|----|-------------|----------|
| | S1 | S2 |
| N1 | 23,10 bB | 26,40 bA |
| N2 | 30,76 aA | 32,10 aA |
| N3 | 28,00 aB | 31,30 aA |
| N4 | 18,30 cA | 19,70 cA |

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para linha) pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1).

Oliveira (2009) ao utilizar 2,34 g/vaso de ureia chegou a uma altura média de 63,24 cm, em pinhão-manso, no final de 300 dias de experimento. De acordo com o autor foi registrado aumento de 81,61% em relação ao tratamento que não recebeu N.

No presente trabalho foi observado que o tratamento que recebeu ureia (N3) apresentou aumento em altura de 71,04%, comparado àquele de menor altura (N4S1). Ao comparar o tratamento N4S1 com aquele que obteve maior altura (N2S2), se constata que esta diferença aumenta para 75,41%. E esta comparação quando feita entre a testemunha do substrato S2 (N4S2) e o tratamento N2S2, a diferença aumenta para 62,94%. É, portanto, plausível afirmar que o nitrogênio foi preponderante no crescimento de pinhão-manso. Prates et al. (2012) ressalta a importância da altura das

plantas, por ser indicador importante na sobrevivência e desenvolvimento radicular. Guimarães (2008) também constatou importância da adubação nitrogenada para o crescimento em altura de pinhão-manso em altura e encontrou incremento 77,89% maior que na testemunha.

Os dados de altura do pinhão-manso durante o período experimental se ajustaram à equação linear (Figura 1). No substrato S1 (solo argiloso) a altura das plantas de pinhão-manso seguiu tendência semelhante para os tratamentos com nitrato de cálcio e ureia. Para as mudas cultivadas com sulfato de amônio, bem como no controle, a resposta foi similar até o 25º dia da emergência; a partir deste ponto, as mudas cultivadas com sulfato apresentaram crescimento bem mais vigoroso.

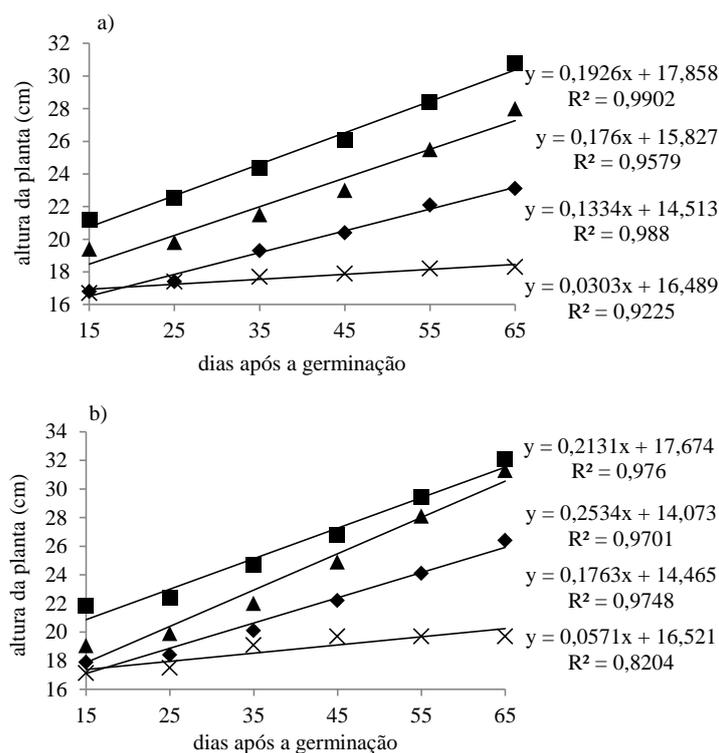


Figura 1. Altura de pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.) nos diferentes substratos e fontes nitrogenadas, durante os 80 dias de experimento. (a) solo argiloso; (b) solo argiloso:areia ◆ sulfato de amônio (N1); ■ nitrato de cálcio (N2); ▲ ureia (N3); × controle (N4).

No S2 (solo argiloso:areia) as plantas de pinhão-mansô apresentaram crescimento em altura semelhante ao observado em S1 (solo argiloso). De forma geral, o nitrato de cálcio foi a fonte nitrogenada que proporcionou maior crescimento. No final do experimento a diferença do crescimento em altura entre as plantas cultivadas com ureia e nitrato de cálcio foi menor em S2 do que em S1.

Nos dois substratos utilizados (S1 e S2) é possível observar (Figura 1) que a fonte nitrogenada que induziu maiores incrementos na altura das plantas foi N2 seguida por N3, N1 e N4. Em adição, é

observado que as maiores inclinações das retas de regressão (coeficiente angular), para todos os tratamentos, foram observadas no S2, indicando que neste substrato o crescimento em altura foi mais acelerado ao longo do período experimental. É, portanto, plausível afirmar, que a presença de 50% de areia na composição do S2 favoreceu características físicas do solo as quais levaram a uma maior eficiência do sistema radicular.

Em pesquisa realizada por Sousa (2012) ao testar diferentes proporções de substrato arenoso e argiloso, a

pesquisadora observou que os tratamentos com maiores percentuais de argila garantiram menor altura as plantas jovens de pinhão-manso (70 dias após emergência), e ao comparar a altura das mudas cultivadas em substrato areia (75%) e solo (25%) com as plantas cultivadas em solo argiloso (100%), o ganho em altura foi de 5,56%.

Lima et al. (2009) verificou em sua pesquisa, que o pinhão-manso quando cultivado em diferentes substratos com ou sem a adição de fertilizante mineral, apresenta respostas diferenciadas. Ademais, a adição de fertilizante mineral aos diferentes substratos, favoreceu o crescimento das mudas.

Tabela 3. Resultados referentes ao diâmetro do coleto de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) após 80 dias de experimento.

| | Diâmetro do coleto (mm) | |
|----|-------------------------|----------|
| | S1 | S2 |
| N1 | 16,21 bA | 17,05 aA |
| N2 | 17,63 aA | 17,96 aA |
| N3 | 15,92 bB | 18,04 aA |
| N4 | 13,66 cB | 15,04 bA |

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para linha) pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1).

Embora não tenha havido diferenças ($P \geq 0,05$) entre fontes de N quando as plantas foram cultivadas no substrato S2 é observado que o diâmetro caulinar, das plantas nutridas com N1, N2 e N3 foi,

Com relação ao parâmetro diâmetro do coleto, as plantas de pinhão-manso apresentaram respostas diferentes ($P < 0,05$) para as interações fontes nitrogenadas e substratos. No substrato composto por solo argiloso (S1), a fonte nitrogenada que induziu maior crescimento foi o nitrato de cálcio. Por outro lado, no substrato solo argiloso:areia (S2) os resultados para este parâmetro não foram diferentes entre as fontes nitrogenadas utilizadas ($P \geq 0,05$). O tratamento controle foi o que apresentou menor crescimento em diâmetro nos substratos utilizados, particularmente no substrato S1 (Tabela 3).

aproximadamente, 13,36; 19,41 e 19,95% maior que nas plantas controle. No substrato S1 a fonte N2 promoveu maior aumento que as fontes N1 e N3 e foi cerca de 30% maior que o controle experimental.

Em acordo com a tendência observada no presente estudo, Guimarães (2008) ao disponibilizar adubação mineral com nitrogênio às mudas de pinhão-manso constatou que o diâmetro caulinar das mudas foi 45,15% maior que na testemunha.

Oliveira (2009), também encontrou como resultado em sua pesquisa que o tratamento que fornecia maior dose de N-ureia (3,51 g/vaso) para o pinhão-manso foi o que garantiu melhor resultado em valores de diâmetro caulinar. O maior valor médio obtido foi de 52,88 mm representando um aumento de 17,56% em relação ao tratamento controle.

Diferente do que foi constatado para altura da planta (Figura 1), o diâmetro caulinar foi praticamente insensível às fontes nitrogenadas utilizadas até os 15 dias após a emergência (Figura 2), em ambos os substratos. Costa et al. (2011) ao avaliar o crescimento do pinhão-manso observou que o diâmetro caulinar das mudas obtiveram efeito linear positivo, durante o período experimental. Os autores salientaram, ainda, que sua representatividade começou a ser observada a partir do 14º dia após a emergência, de modo que, com as primeiras coletas de dados, não é possível identificar qual tratamento garantirá melhor resultado no futuro.

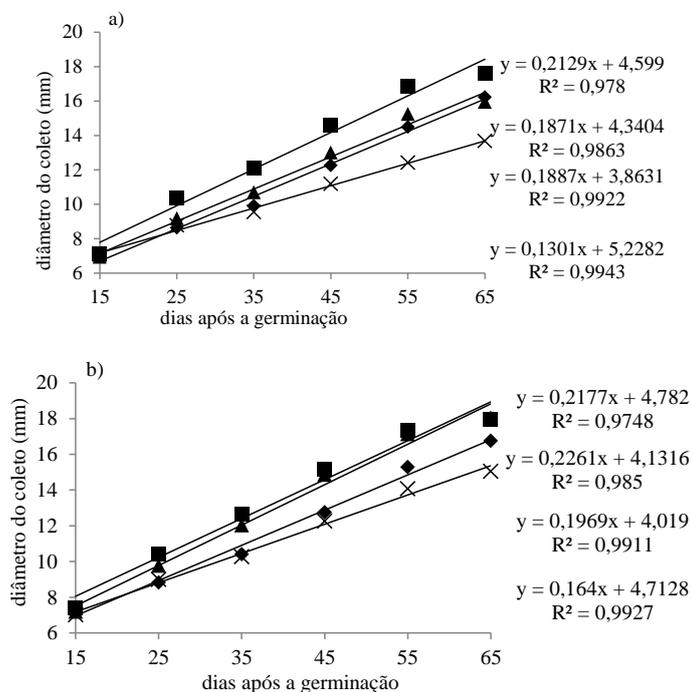


Figura 2 - Média de diâmetro do coleto em plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) cultivadas em diferentes substratos e fontes nitrogenadas, durante os 80 dias de experimento. (a) solo argiloso; (b) solo argiloso:areia; ◆ sulfato de amônio (N1); ■ nitrato de cálcio (N2); ▲ ureia (N3); × controle (N4).

Embora os resultados do presente estudo sejam conclusivos com relação ao efeito positivo de N sobre o crescimento caulinar, durante os 80 dias de experimento, particularmente quando se considera o nitrato de cálcio (Figura 2), há resultados que apontam certa insensibilidade deste parâmetro à adubação nitrogenada (FREIBERGER, 2012).

No presente estudo, a quantidade de folhas nas plantas de pinhão-manso no

tratamento controle foi, significativamente ($P < 0,05$), menor que nos demais tratamentos (Tabela 4). Ademais, considerando o tipo do substrato utilizado para o cultivo do pinhão-manso se observou que as mudas do controle experimental, no final do experimento, exibiram maior número de folhas no S2, comparativamente ao S1 (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados referentes ao número de folhas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), após 80 dias de experimento.

| | Número de folhas | |
|----|------------------|----------|
| | S1 | S2 |
| N1 | 11,80 bB | 13,40 bA |
| N2 | 15,00 aA | 15,80 aA |
| N3 | 12,80 bB | 16,20 aA |
| N4 | 6,20 cB | 8,20 cA |

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para linha) aplicando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1).

Os tratamentos N3S2, N2S2 e N2S1 foram os que proporcionaram melhor desempenho do pinhão-manso, em relação ao número de folhas. As mudas cultivadas no S2 obtiveram em termos relativos mais folhas do que aquelas cultivadas no S1, com exceção do tratamento que recebeu nitrato de cálcio; assim, com relação a esta fonte de N, não houve efeito significativo

($P \geq 0,05$) entre os tipos de substrato (Tabela 4).

As plantas cultivadas com nitrato de cálcio (N2), no S1 e S2, apresentaram incrementos 141,94 e 92,68% maiores ($P \geq 0,05$) que as plantas dos controles. Em termos comparativos os valores para número de folhas no substrato S2, foram maiores que no substrato S1, o que reforça

o efeito positivo das melhores condições físicas do S2, em que este substrato apresenta maior aeração, fato que pode proporcionar melhor desempenho do sistema radicular na captura de nutrientes e manutenção ideal do teor de umidade para esta cultura.

Segundo Oliveira (2009), em sua observação experimental após 300 dias de plantio, a ureia na dose 2,34 g/vaso garantiu valor médio de 29,33 unidades de folhas/planta de pinhão-manso; este valor representou aumento de 89,59% em relação ao controle. Ainda nesta linha,

Morais (2010) ao avaliar soluções nutritivas com diferentes concentrações de N e demais nutrientes essenciais sobre o crescimento do pinhão-manso, sugere que o aumento no número de folhas é proveniente do aumento na concentração de íons nutrientes no ambiente das raízes. Nas diferentes épocas de contagem, o número de folhas, para todos os tratamentos, apresentou tendência de incremento linear (Figura 3), com especial destaque para a ureia que foi tão eficiente quanto o nitrato de cálcio no substrato 2.

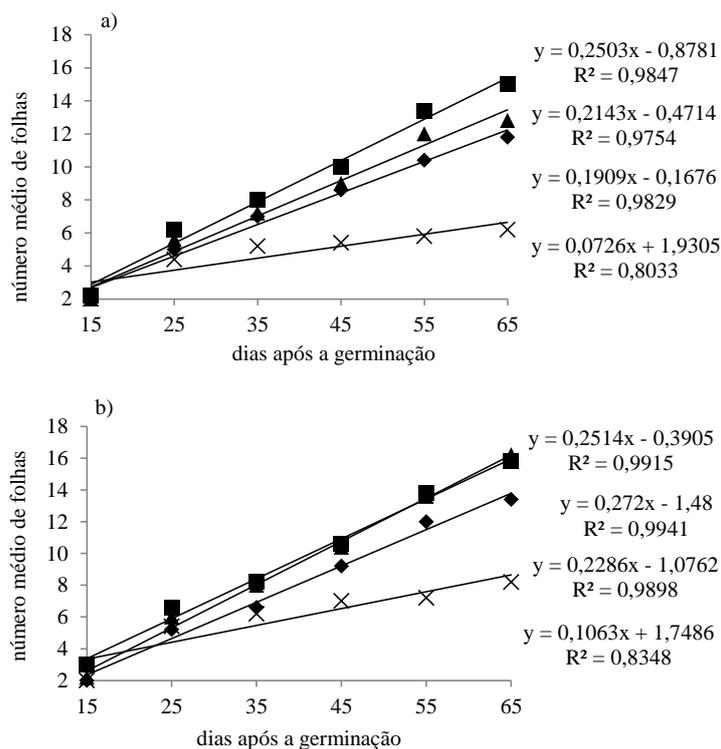


Figura 3. Média do número de folhas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) nos diferentes substratos e fontes nitrogenadas, durante os 80 dias de experimento. (a) solo argiloso; (b) solo argiloso:areia; ◆ sulfato de amônio (N1); ■ nitrato de cálcio (N2); ▲ ureia (N3); × controle (N4)

As plantas que exibiram maior área foliar foram àquelas cultivadas no substrato S2, nutridas com nitrato de cálcio (N2) e ureia (N3); entre estas duas fontes nitrogenadas, no substrato 2 (S2), não houve diferença ($P < 0,05$). No substrato S1 o tratamento que recebeu nitrato de

cálcio foi o que apresentou maior resultado absoluto (Tabela 5). A área foliar é uma característica importante, pois o aumento da taxa fotossintética está relacionado a este parâmetro o que pode auxiliar o rápido estabelecimento das mudas quando transplantadas (D'OLIVEIRA et al., 2013).

Tabela 5. Resultados referentes a área foliar de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.), após 80 dias de experimento.

| | Área foliar (cm ²) | |
|----|--------------------------------|----------|
| | S1 | S2 |
| N1 | 56,96bcA | 63,18bA |
| N2 | 66,75aA | 67,17abA |
| N3 | 66,06abB | 75,08aA |
| N4 | 47,25cB | 58,02bA |

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para linha) aplicando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1).

Como constatado para o número médio de folhas das plantas fertilizadas com ureia no substrato 2 (Tabela 4), ao levar em consideração apenas esta fonte nitrogenada, o substrato 2 também foi o que promoveu maior incremento absoluto no valor médio de área foliar para o pinhão-manso (Tabela 5). Este aumento representou um incremento de 13,65% em

relação às plantas cultivadas no S1, com a mesma fonte nitrogenada.

Quando se observa a evolução da área foliar ao longo do período experimental, a análise mostrou clara tendência quadrática para esta variável, independente da fonte nitrogenada e do substrato utilizado (Figura 4).

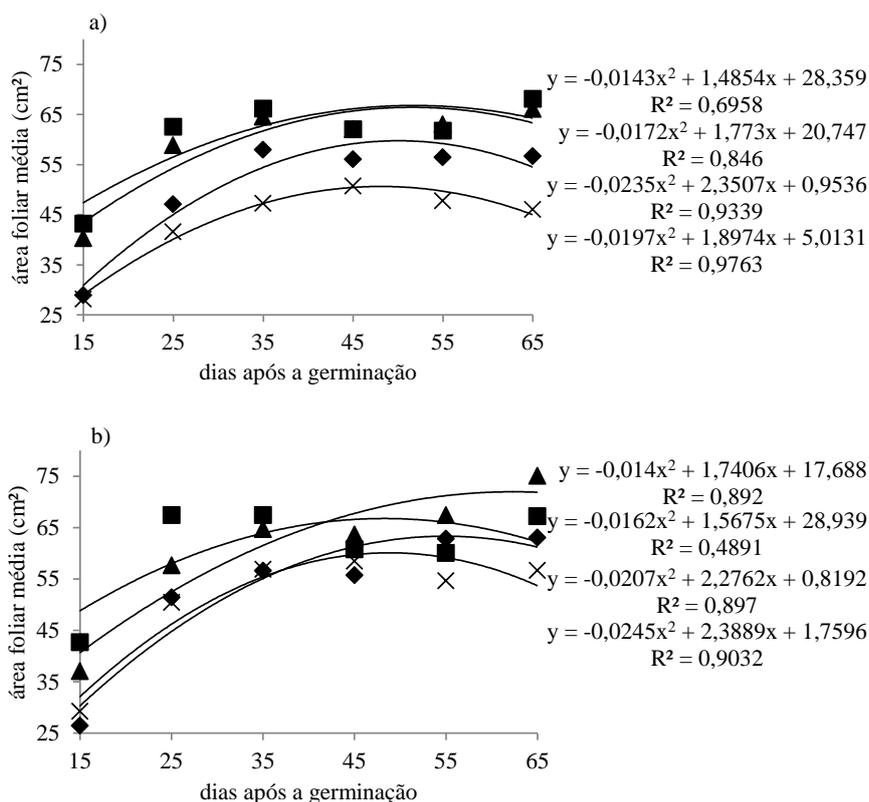


Figura 4. Área foliar média em plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) cultivadas em diferentes substratos e fontes nitrogenadas, durante os 80 dias de experimento. (a) solo argiloso; (b) solo argiloso:areia; ◆ sulfato de amônio (N1); ■ nitrato de cálcio (N2); ▲ ureia (N3); × controle (N4).

Aos 35 dias há, nitidamente, um ponto de máximo, com posterior redução na área foliar os 55 dias. Este comportamento foi atípico e pode ser explicado pela ocorrência de senescência foliar precoce. Para Matos (2014) mudas de pinhão-manso apresentam estratégias para retardar a desidratação, em que a transpiração é reduzida e é mantida a hidratação dos tecidos pela a água armazenada em seu caule. A perda de folhas pela cultura pode ser considerada nesta pesquisa como uma estratégia para reduzir a transpiração, uma vez que todos

os tratamentos apresentaram comportamento semelhante.

Albuquerque et al.(2009) constatou que o ponto de maior expansão de área foliar do pinhão-manso ocorreu após 90 dias de sua emergência, com redução aos 150 dias, para estes pesquisadores, o resultado em relação a esta redução não é de causar estranheza já que o pinhão-manso é uma planta caducifólia. Assim podemos considerar que na presente pesquisa a senescência foliar foi precoce em algumas plantas.

A área foliar e, em consequência, a produção de biomassa, é influenciada pela

disponibilidade de nitrogênio no substrato. Por outro lado, a efetiva eficiência da planta em relação ao uso de N depende em grande extensão da qualidade do substrato. Neste caso, o substrato S2, pelos resultados discutidos, foi o que propiciou melhores condições para a expansão foliar na muda.

Em pesquisa realizada por Oliveira (2009) a maior área foliar obtida foi de 633,01 cm² ao utilizar ureia, e representou aumento de 43,38% em relação ao controle. Ao se comparar os resultados encontrados nesta pesquisa entre o melhor tratamento (N3S2) e aquele que obteve

menor resposta (N4S1), se verifica que o primeiro foi maior que o segundo em, aproximadamente, 58,90%.

Foram observados resultados diferentes para as variáveis encontradas e discutidas nos itens anteriores, contudo para o comprimento do sistema radicular os resultados apontam para insensibilidade ($P \geq 0,05$) deste parâmetro com relação aos substratos e fontes nitrogenadas (Tabela 6). De forma diferente, Guimarães (2008) observou que a ureia contribuiu para crescimento do sistema radicular.

Tabela 6. Resultados referentes ao comprimento do sistema radicular (cm) de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) após 80 dias de experimento

| | Comprimento do sistema radicular (cm) | |
|----|---------------------------------------|----------|
| | S1 | S2 |
| N1 | 33,60 aA | 30,40 aA |
| N2 | 33,40 aA | 28,20 aA |
| N3 | 28,20 aA | 33,60 aA |
| N4 | 26,20 aA | 31,80 aA |

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para linha) aplicando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1).

É sugerido que o tamanho dos vasos utilizados neste estudo limitou o crescimento longitudinal do sistema radicular sem, contudo, interferir na sua capacidade funcional. A utilização de recipientes de maiores dimensões pode proporcionar maior ganho em crescimento

do sistema radicular para mudas de pinhão-manso.

Os resultados obtidos para massa seca de folhas, caules e raízes mostram que tanto as fontes nitrogenadas como os substratos influenciaram estes parâmetros (Tabela 7). De forma geral, as massas

secas das folhas das plantas de pinhão-manso, no substrato S1, foram menores que no substrato S2, e que dentro do S2 as

fontes nitrogenadas que garantiram melhores resultados foram, nitrato de cálcio (N2) e ureia (N3).

Tabela 7. Resultados referentes a massa seca das folhas, caule e raízes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) após 80 dias de experimento

| | Massa seca (g) | | | | | |
|----|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Folha | | Caule | | Raiz | |
| | S1 | S2 | S1 | S2 | S1 | S2 |
| N1 | 3,2560 cB | 4,6640 bA | 5,4280 bA | 5,9280 bA | 2,8320 aA | 2,5520 bA |
| N2 | 5,2920 aB | 6,3580 aA | 8,3120 aA | 8,3420 aA | 3,2300 aB | 4,0920 aA |
| N3 | 4,0640 bB | 6,3320 aA | 5,6560 bB | 7,8560 aA | 2,7240 aB | 3,9660 aA |
| N4 | 1,3780 dB | 2,5140 cA | 3,5760 cA | 4,2860 cA | 1,8880 bA | 2,2780 bA |

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para linha) aplicando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1).

Para a massa seca do caule houve diferenças significativas ($P < 0,05$) entre substratos na presença de N3, se observa que estas diferenças, para massa seca do caule foi mais perceptíveis dentro de cada substrato (Tabela 7); nos dois substratos, as fontes nitrogenadas que promoveram maior acúmulo de massa seca do caule foram nitrato de cálcio, nos dois substratos e ureia no S2.

Mesmo não havendo diferenças significativas ($P \geq 0,05$) no comprimento radicular (Tabela 6), a massa seca das raízes não seguiu esta mesma tendência (Tabela 7) e, neste caso, foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) para massa seca acumulada nas raízes entre os tratamentos testados, em que as plantas que

receberam à adição de nitrato de cálcio (N2) e ureia (N3) responderam de forma diferente ao considerar os dois substratos. Este fato sugere que com a restrição no crescimento da raiz pivotante, o crescimento radicular axial foi privilegiado.

A relação massa seca parte aérea/raízes foi maior nos tratamentos que receberam N e entre estes o destaque foi para o sulfato de amônio, no substrato 2, e para o nitrato de cálcio, no substrato 1 (Tabela 8). Em todos os casos a relação foi sempre maior que 1 o que indica que nas condições do presente estudo a acumulação de massa seca na parte aérea das plantas de pinhão-manso foi mais intensa que nas raízes.

Tabela 8. Relação entre a massa seca da parte aérea (PA) e de raízes (R) em mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) após 80 dias de experimento

| | Relação massa seca PA/R | |
|----|-------------------------|----------|
| | S1 | S2 |
| N1 | 3,09 bcB | 4,19 aA |
| N2 | 4,23 aA | 3,64 abB |
| N3 | 3,58 abA | 3,59 abA |
| N4 | 2,69 cA | 3,02 bA |

Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si (minúscula para colunas e maiúscula para linha) aplicando o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Em que: N1- sulfato de amônio; N2- nitrato de cálcio; N3- ureia; N4- controle; S1- solo argiloso; S2- solo argiloso:areia (1:1).

Semelhante ao encontrado na presente pesquisa, Maia et al. (2011) observou que mudas em estágio inicial de

crescimento apresentaram maior ganho em massa, para a parte aérea do que para as raízes.

CONCLUSÕES

O substrato S2, composto por solo argiloso e areia (1:1 volume/volume), foi o que proporcionou melhores condições para o crescimento/desempenho do pinhão-manso.

A queda de folhas nas mudas de pinhão-manso ocasionou um decréscimo na área foliar durante o período experimental, fato que pode ser explicado como estratégia desta cultura para reduzir a perda de água pelo processo de transpiração.

A massa seca das folhas, caule e raiz, obtida nas mudas de pinhão-manso

apresentaram variação em relação ao substrato testado e as diferentes fontes nitrogenadas. E esta variação foi mais perceptível entre as fontes nitrogenadas testadas do que entre os substratos.

Para todos os parâmetros estudados, o nitrato de cálcio e a ureia, foram as fontes nitrogenadas que garantiram melhores respostas às mudas de pinhão-manso.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, F. A.; CASTRO, N. H. A.; BELTRÃO, N. E. M.; LUCENA, A. M. A.; SOUZA, S. L.; FREIRE, M. A. O. Análise de crescimento inicial de *Jatropha curcas* em condições de sequeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e fibrosas**. Campina grande-PB. v.13, n.3, p. 99-106. set/dez. 2009.

CAMARGO, R.; PIRES, S. C.; MALDONADO, A. C.; CARVALHO, H. P.; COSTA, T. R. Avaliação de substratos para a produção de mudas de pinhão-manso em sacolas plásticas. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadina-MA, v.5, n.1, p.31. 2011.

COSTA, J.; LIMA, R. P.; SILVA, A. L. L.; SCHEIDT, G. N.; ERASMO, A. L. Crescimento inicial de plantas de pinhão-manso em função do sombreamento no município de Gurupi – TO. **Revista de Biotecnologia e Biodiversidade**, Gurupi-TO, v.2, n.4, p.43-47. 2011.

D'OLIVEIRA, P. S.; CICHETERO, W.; D'OLIVEIRA, L. S. S.; RINAUDO, R. Crescimento de mudas de pinhão-manso influenciado pelo tipo dos recipientes e composição dos substratos. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa-PB, v.7, n.1, p.13-18, mar. 2013.

FREIBERGER, M. B. Crescimento inicial e nutrição do pinhão-manso em função de NPK. 2012. 68 p. (Mestrado em Ciências Florestais) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Campus de Botucatu, Botucatu – SP.

GUIMARÃES, A. de S. Crescimento inicial do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função de fontes e quantidades de fertilizantes. 2008. 92 p. (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba. Areia – PB.

LIMA, R. de L. S.; SEVERINO, L. S.; SAMPAIO, L. R.; FREIRE, M. A. O.; BELTRÃO, N. E. M.; ARRIEL, N. H. C. Crescimento e teor foliar de nutrientes em mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em substratos contendo cinco materiais orgânicos e fertilizante mineral. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande-PB, v. 13, n.1, p.29-36, jan./abr. 2009.

MAIA, J. T. L. S.; GUILHERME, D. O.; PAULINO, M. A. O.; SILVEIRA, H. R. O.; FERNANDES, L. A. Efeito da omissão de macronutrientes no crescimento de pinhão-manso. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v.24, n.2, p.174-179, abr.-jun., 2011.

MATOS, F. S.; TORRES JUNIOR, H. D.; ROSA, V. R.; SANTOS, P. G. F.; BORGES, L. F. O.; RIBEIRO, R. P.; NEVES, T. G.; CRUVINEL, C. K. L. Estratégia morfofisiológica de tolerância ao déficit hídrico de mudas de pinhão manso. **Revista Magistra**. Cruz das Almas-BA, v.26,n.1,p.19-27, jan/mar. 2014.

MORAIS, D. L. de. Impacto da nutrição mineral no crescimento do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). 2010. 54 p. (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB.

OLIVEIRA, S. J. C. Componentes de crescimento do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) em função da poda e adubação química. 2009. 126 p. (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Agrárias, Areia – PB.

PEREIRA, C. de S. S. Avaliação de diferentes tecnologias na extração do óleo do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). 2009. 54 p. (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ.

PRATES, F. B. de S.; LUCAS, C. S. G.; SAMPAIO, R. A.; BRANDÃO JÚNIOR,

D. S.; FERNANDES, L. A.; ZUBA JUNIO, G. R. Crescimento de mudas de pinhão-manso em resposta a adubação com superfosfato simples e pó-de-rocha. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 43, n.2, p. 207-213, abr.-jun., 2012.

SEVERINO, L. S.; VALE, L. S. do; BELTRÃO, N. E. de M.A. Simple method for measurement of *Jatropha curcas* leaf area. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande-PB, v. 11, n. 1, p. 9-14, jan./abr. 2007.

SOUSA, K. L. Efeito da textura do solo no crescimento inicial de plantas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). 2012. 38 p. (Monografia – Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos –Paraíba.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; LESSA, J. F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Revista Acta Amazônica**, Manaus-AM, v. 39, n. 2, p. 289-294, 2009.