

***Ruellia simplex* cuttings propagation produced on carnauba waste substrate**

Propagação por estaquia de *Ruellia simplex* produzidas em substratos à base de resíduos da carnaúba

Taciella Fernandes Silva¹, Klayton Antonio do Lago Lopes¹, Janaiane Ferreira dos Santos¹, Ana Paula de Almeida Sousa¹, Francisca Gislene Albano-Machado², Raissa Rachel Salustriano da Silva-Matos^{3*}

Abstract: The production of quality seedlings is necessary for the trading of ornamental plants. Seedling quality depends on several factors, among these factors, the substrate is highlighted. Thus, this study aimed to evaluate the effect of substrates based on bagana of carnauba, in the production of *Ruellia simplex* seedlings, by vegetative propagation. A completely randomized design was adopted, with six treatments and four replications. The treatments (substrates) were composed of bagana of carnauba (BC) and soil, in the following proportions: BC₀ - 0% BC + 100% of soil; BC₂₀ - 20% BC + 80% of soil; BC₄₀ - 40% BC + 60% of soil; BC₆₀ - 60% BC + 40% of soil; BC₈₀ - 80% BC + 20% of soil; BC₁₀₀ - 100% BC + 0% of soil. The plot consisted of a plant. After 45 days of cutting, it was evaluated: number of shoots; number of leaves per shoot; diameter of the highest shoot; length of the highest shoot; root length; inflorescence number; number of flowers per inflorescence; leaf area; root volume; aerial part fresh mass; root system fresh mass; aerial part dry mass; and root system dry mass. There was a significant difference for the variables, number of leaves per shoot, diameter and length of the highest shoot, number of flowers per inflorescence, fresh and dry mass of the aerial part. Having a direct relationship between the increase in the proportion of bagana of carnauba volume and the inflorescence number, the substrate 100% of bagana of carnauba is indicated.

Key words: *Copernicia prunifera*. Floriculture. Mexican petunia. Ornamental plants.

Resumo: A produção de mudas de qualidade é fundamental para a venda de plantas ornamentais. A qualidade das mudas é dependente de diversos fatores, dentre estes fatores, o substrato possui destaque. Assim, objetivou-se avaliar o efeito de substratos à base de bagana de carnaúba, na produção de mudas de *Ruellia simplex*, via propagação vegetativa. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos (substratos) foram compostos por bagana de carnaúba (BC) e solo, nas seguintes proporções: BC₀ - 0% BC + 100% de solo; BC₂₀ - 20% BC + 80% de solo; BC₄₀ - 40% BC + 60% de solo; BC₆₀ - 60% BC + 40% de solo; BC₈₀ - 80% BC + 20% de solo; BC₁₀₀ - 100% BC + 0% de solo. A parcela foi composta por uma planta. Após 45 dias da estaquia, avaliou-se: número de brotos e número de folhas por broto; diâmetro do maior broto; comprimento do maior broto e comprimento radicular; número de inflorescência; número de flor por inflorescência; área foliar; volume radicular; massa fresca da parte aérea e da raiz, massa seca da parte aérea e da raiz. Houve diferença significativa para as variáveis número de folhas por broto, diâmetro e comprimento do maior broto, número de flor por inflorescência, massa fresca e massa seca da parte aérea. Há uma relação direta entre o aumento da proporção do volume de bagana de carnaúba e o número de inflorescência, o substrato 100% de bagana de carnaúba é o indicado.

Palavras-chave: *Copernicia prunifera*. Floricultura. Plantas ornamentais. Petúnia mexicana.

*Corresponding author

Submitted for publication on 11/03/2020, approved on 12/06/2020 and published on 27/06/2020

¹Graduandos do Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Campus IV, Chapadinha, MA, Brasil. E-mails: taciellafernands@gmail.com; klaytonlopes2011@gmail.com; janaianeferreira@gmail.com; anasousa_almeida@hotmail.com

²Doutora em Agronomia. E-mail: gislene.fga@gmail.com

³Doutora em Agronomia, Professora do Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Campus IV, Chapadinha, MA, Brasil, CEP: 65500-000. E-mail: raissasalustriano@yahoo.com.br

INTRODUCTION

Ruellia simplex is an ornamental plant of the herbaceous type, belonging to the Acanthaceae family, native from Paraguay and Brazil. It is considered a perennial and rustic plant, being popularly known as ruellia or Mexican petunia (CANZI *et al.*, 2012; SARTIN *et al.*, 2014). It has a high potential for gardens ornamentation, although there are still no reports on the production and sale of this species.

Seedling production may come from sexual or asexual propagation, the latter is the most used method. According to Oliveira *et al.* (2015), the production of quality seedlings is linked to the provision of adequate conditions for their development, such as nutrition, ambiance, and physical support.

Vegetative propagation is widely used in the production of seedlings, mainly when referring to cuttings, which is an easy and quick method of execution (ALMEIDA *et al.*, 2017). However, to develop this technique, it is necessary to know external and internal factors. Among the internal factors that should influence the development of the stake, the following stand out: physiological conditions of the matrix plant, age, type of stake (VERNIER; CARDOSO, 2013).

Regarding external factors, one of the most important is the substrate (OLIVEIRA *et al.*, 2017). According to Tessaro *et al.* (2013), a good quality substrate should serve as physical and nutritional support to the plant, have the capacity to retain water and provide oxygen for the transport of carbon, thus ensuring a good rooting of the cutting. The choice of substrate is influenced by its availability in the region of production and its cost-benefit ratio (SANTANA *et al.*, 2018). A suitable alternative for the formulation of a substrate would be the reuse of residues from different activities, with the advantage of reducing production costs and the impacts generated by the different activities (ARAÚJO *et al.*, 2017).

Residues from vegetable feedstock are a good option in the formulation of substrates because they positively influence the physical-chemical characteristics and for activating microbial processes (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Among these materials, mention is made of the bagana of carnauba (*Copernicia prunifera*), a by-product derived from the extraction of wax from the carnauba straw, which has been empirically used in agriculture (BRITO *et al.*, 2017) and which has desirable characteristics to compose quality and low-cost substrate.

INTRODUÇÃO

A *Ruellia simplex* é uma planta ornamental, do tipo herbáceo, pertencente à família Acanthaceae, nativa do Paraguai e Brasil. Ela é considerada uma planta perene e rústica, sendo popularmente conhecida como ruellia azul ou petúnia mexicana (CANZI *et al.*, 2012; SARTIN *et al.*, 2014). Apresenta um grande potencial para ornamentação de jardins, apesar de ainda não existirem dados de produção e venda desta espécie.

A produção de mudas pode ser oriunda da propagação sexuada ou assexuada, esse último é o método mais utilizado. Conforme Oliveira *et al.* (2015), a produção de mudas de qualidade está atrelada ao fornecimento de condições adequadas para o seu desenvolvimento, como nutrição, ambiência e suporte físico.

A propagação vegetativa é bastante empregada na produção de mudas, principalmente, quando se refere à estaquia, que é um método fácil e de rápida execução (ALMEIDA *et al.*, 2017). No entanto, para desenvolver essa técnica, é necessário ter conhecimento sobre fatores externos e internos. Entre os fatores internos que podem influenciar no desenvolvimento da estaca, destacam-se: condições fisiológicas da planta matriz, idade, tipo de estaca (VERNIER; CARDOSO, 2013).

No que se refere aos fatores externos, o substrato é considerado um dos mais importantes (OLIVEIRA *et al.*, 2017). Conforme Tessaro *et al.* (2013), um substrato de boa qualidade deve servir como suporte físico e nutricional à planta, ter a capacidade de reter água e disponibilizar oxigênio para o transporte de carbono, garantindo assim um bom enraizamento da estaca. A escolha do substrato é influenciada pela sua disponibilidade na região de produção e seu custo-benefício (SANTANA *et al.*, 2019). Uma boa alternativa para a formulação de um substrato seria a reutilização de resíduos provenientes de diversas atividades, tendo como vantagem a redução de custo de produção e dos impactos gerados pelas diversas atividades (ARAÚJO *et al.*, 2017).

Os resíduos oriundos de matéria-prima vegetal são uma boa opção na formulação dos substratos por influenciar de forma positiva as características físico-químicas e por ativar os processos microbianos (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Dentre estes materiais, cita-se a bagana de carnaúba (*Copernicia prunifera*), um subproduto oriundo da extração da cera da palha da carnaúba, que vem sendo utilizado na agricultura de forma empírica (BRITO *et al.*, 2017) e que possui características desejáveis para compor um substrato de qualidade e de baixo custo.

Some studies have been developed with other cultures and obtaining satisfactory results, for instance, in the research conducted by Júnior *et al.* (2014), they indicate the production of tomato seedlings with substrates based on carnauba residue for providing a greater vegetable mass. Besides, Gonçalves *et al.* (2019) report that *Harpalyce brasiliana* seedlings produced with substrate containing bagana of carnauba have a higher quality compared to other alternative substrates. Based on the above mentioned, the aim was to evaluate the effect of substrates produced with different proportions carnauba of bagana in the production of *Ruellia simplex*, seedlings, by vegetative propagation.

MATERIAL AND METHODS

The experiment was carried on a shading screen with 75% permeability to light, at the Center for Agricultural and Environmental Sciences (CCAA) of the Federal University of Maranhão (UFMA), in the municipality of Chapadinha-MA, located in the eastern mesoregion of Maranhão and the micro-region of Chapadinha, with geographical coordinates of 3°44' S and 43°2' O. The climate, according to the Köppen-Geiger climate classification, is Aw type, characterized as warm and humid tropical. The rainy season is concentrated between January and June, and the dry season from July to December, with a mean rainfall of 1,613.2 mm and mean annual temperature of 27.9 °C (PASSOS *et al.*, 2016).

A completely randomized design was adopted, with six treatments (T), the substrates were composed of bagana of carnauba (BC) in the following proportions: BC₀ - 0% BC + 100% of soil; BC₂₀ - 20% BC + 80% of soil; BC₄₀ - 40% BC + 60% of soil; BC₆₀ - 60% BC + 40% of soil; BC₈₀ - 80% BC + 20% of soil; BC₁₀₀ - 100% BC + 0% of soil, being each treatment with four repetitions. The plot consisted of a black polyethylene bag, with dimensions of 12 x 23 cm (0.92 dm³), containing 920 mL of the substrate and a plant.

The bagana was obtained in native areas of the region (3°52'00.9'' S and 43°19'46.7'' W), crushed in forage, and then mixed and homogenized with the soil, according to the proportion of each treatment.

Ruellia simplex stakes were gathered from the median portion of healthy plant matrices. The length was standardized around 8 cm, and each stake had two nodes. After cutting the stakes, they were placed in a vessel with water to prevent dehydration and oxidation of the tissues at the cut site. Posteriorly, stakes were planted in polyethylene bags measuring 12 x 20 cm (0.92 dm³). Irrigations were carried out twice a day, in the morning and the afternoon.

Alguns trabalhos vêm sendo desenvolvidos com outras culturas e obtendo resultados satisfatórios, como o de Júnior *et al.* (2014), que indicam a produção de mudas de tomateiros com substratos à base de resíduo de carnaúba por proporcionar uma maior massa vegetal; Gonçalves *et al.* (2019) relatam que mudas de *Harpalyce brasiliana* produzidas com substrato contendo bagana de carnaúba possuem maior qualidade quando comparadas a outros substratos alternativo. Assim, mediante o exposto, objetivou-se avaliar o efeito de substratos, elaborados com diferentes proporções de bagana de carnaúba, na produção de mudas de *Ruellia simplex*, via propagação vegetativa.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em telado com 75% de luminosidade no Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), localizado no município de Chapadinha-MA, situado na mesorregião Leste do Maranhão e microrregião de Chapadinha, com coordenadas geográficas de 3°44' S e 43°2' O. O clima, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, é do tipo Aw, tropical quente e úmido. A estação chuvosa está concentrada entre os meses de janeiro e junho, e a estação seca no período de julho a dezembro, com precipitação pluviométrica média de 1.613,2 mm e temperatura média anual de 27,9 °C (PASSOS *et al.*, 2016).

Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos (T), os substratos foram compostos por bagana de carnaúba (BC) nas seguintes proporções: BC₀ - 0% BC + 100% de solo; BC₂₀ - 20% BC + 80% de solo; BC₄₀ - 40% BC + 60% de solo; BC₆₀ - 60% BC + 40% de solo; BC₈₀ - 80% BC + 20% de solo; BC₁₀₀ - 100% BC + 0% de solo, cada tratamento com quatro repetições. A parcela consistiu de um saco de polietileno preto, com dimensões de 12 x 23 cm (0,92 dm³), contendo 920 mL de substrato e uma planta.

A bagana foi obtida em áreas nativas da região (3°52'00.9''S e 43°19'46,7''W), triturada em forrageira e em seguida foi misturada e homogeneizada com o solo, de acordo com a proporção de cada tratamento.

As estacas de *Ruellia simplex* foram coletadas na porção mediana de plantas matrizes sadias, o comprimento foi padronizado em torno de 8 cm, e cada estaca apresentava dois nós. Após o corte das estacas, estas foram colocadas em um recipiente com água para evitar a desidratação e oxidação dos tecidos no local do corte. Posteriormente, as estacas foram plantadas em sacos de polietileno com dimensões 12 x 20 cm (0,92 dm³). As irrigações foram realizadas duas vezes ao dia, na parte da manhã e à tarde.

Before setting up the experiment, chemical and physical analysis of the substrates was performed (Tables 1 and 2). Before setting up the experiment, chemical and physical analysis of the substrates was performed. The granulometric analysis of the soil that constitutes the substrates presented the following results: 780 g kg⁻¹ of total sand; 90 g kg⁻¹ of silt; 130 g kg⁻¹ of total clay, with sandy textural classification.

After 45 days of cutting, it was evaluated: number of shoots (NS) and number of leaves per shoot (NL/S) using the counting methodology (unit/shoot); diameter of the highest shoot (DHS), using a digital caliper (mm); length of the highest shoot (LHS); root length (RL) using graduated rule (cm); inflorescence number (IN); number of flowers per inflorescence (NF/I); leaf area (LA) (cm²); root volume (RV) (cm³), according to the methodology described by Basso (1999); aerial part fresh mass (APFM) and root system fresh mass (RSFM), aerial part dry mass (APDM), and root system dry mass (RSDM) (g), using a precision scale. The dry material was obtained by drying in a forced-air circulation oven at a temperature of 65 °C for 72 h.

The analysis of variance and regression was performed using the statistical Sisvar program, version 5.6[®]. The graphics were plotted using the Microsoft Office Excel program.

Previamente à montagem do experimento, realizou-se a análise química e física dos substratos (Tabela 1 e 2). A análise granulométrica do solo que compõem os substratos apresentou os seguintes resultados: 780 g kg⁻¹ de areia total; 90 g kg⁻¹ de silte; 130 g kg⁻¹ de argila total, com classificação textural arenosa.

Após 45 dias da estaquia, avaliou-se: o número de brotos (NB) e número de folhas por broto (NF/B) pela metodologia de contagem (unidade/broto); diâmetro do maior broto (DMB), utilizando paquímetro digital (mm); comprimento do maior broto (CMB); comprimento radicular (CR) utilizando régua graduada (cm); número de inflorescência (NI); número de flor por inflorescência (NF/I); área foliar (AF) (cm²); volume radicular (VR) (cm³), segundo metodologia descrita por Basso (1999); massa fresca da parte aérea (MFPA) e de raiz (MFSR), massa seca da parte aérea (MSPA) e de raiz (MSSR) (g), empregando balança de precisão. O material seco foi obtido pelo método da secagem em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C por 72 h.

As análises de variância e regressão foram realizadas com o auxílio do programa estatístico Sisvar versão 5.6[®], e a confecção dos gráficos foram realizadas com o programa Microsoft Office Excel.

Table 1 - pH values, electrical conductivity (EC) and total contents of organic matter (OM), nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), aluminum (Al), hydrogen plus aluminum (H + Al), cation exchange capacity (CEC) and base saturation (V%) of substrates based on bagana of carnauba(BC)

Tabela 1 - Valores de pH, condutividade elétrica (CE) e teores totais de matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), alumínio (Al), hidrogênio mais alumínio (H+Al), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação de bases (V%) dos substratos a base de bagana de carnaúba (BC)

Substrate	pH	EC dS m ⁻¹	M.O. g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	P mg kg ⁻¹	K	Ca	Mg	cmol _c kg ⁻¹			CEC	V %
									S	Al	H+Al		
BC ₀	4	0.10	22.80	1.14	3.5	0.1	0.7	0.5	2.8	0.5	6.1	7.5	18
BC ₂₀	5	0.88	60.67	3.92	6.0	0.6	2.9	0.5	4.3	0.4	5.8	10.0	4.3
BC ₄₀	5	1.29	73.82	5.36	12.0	0.7	4.5	1.3	6.8	0.6	10.2	17.0	6.8
BC ₆₀	5	1.81	95.22	6.89	23.0	1.3	5.9	1.4	8.9	0.7	14.2	23.1	8.9
BC ₈₀	5	1.54	114.30	9.28	42.0	2.2	7.0	3.1	12.7	0.9	20.7	33.4	13
BC ₁₀₀	5	0.56	598.90	4.02	89.0	3.9	20.0	10.0	34.6	0.6	12.1	46.6	74

BC₀ - 0% BC + 100% of soil; BC₂₀ - 20% BC + 80% of soil; BC₄₀ - 40% BC + 60% of soil; BC₆₀ - 60% BC + 40% of soil; BC₈₀ - 80% BC + 20% of soil; BC₁₀₀ - 100% BC + 0% of soil.

BC₀ - 0% BC + 100% de solo; BC₂₀ - 20% BC + 80% de solo; BC₄₀ - 40% BC + 60% de solo; BC₆₀ - 60% BC + 40% de solo; BC₈₀ - 80% BC + 20% de solo; BC₁₀₀ - 100% BC + 0% de solo.

Table 2 - Global density (GD), particle density (PD) and porosity (P) of substrates based on bagana of carnauba (BC)

Tabela 2 - Densidade global (DG), densidade de partícula (DP) e porosidade (P) dos substratos a base de bagana de carnaúba (BC)

Substrates	Density (g cm ⁻³)		Porosity (%)
	GD	PD	
BC ₀	1.44	2.67	45.99
BC ₂₀	1.17	2.61	55.33
BC ₄₀	0.99	2.42	59.26
BC ₆₀	0.78	1.98	60.78
BC ₈₀	0.56	1.77	68.53
BC ₁₀₀	0.29	0.90	70.20

BC₀ - 0% BC + 100% of soil; BC₂₀ - 20% BC + 80% of soil; BC₄₀ - 40% BC + 60% of soil; BC₆₀ - 60% BC + 40% of soil; BC₈₀ - 80% BC + 20% of soil; BC₁₀₀ - 100% BC+ 0% of soil.

BC₀ - 0% BC + 100% de solo; BC₂₀ - 20% BC + 80% de solo; BC₄₀ - 40% BC + 60% de solo; BC₆₀ - 60% BC + 40% de solo; BC₈₀ - 80% BC + 20% de solo; BC₁₀₀ - 100% BC+ 0% de solo.

RESULTS AND DISCUSSION

Substrates based on BC significantly influenced most of the variables studied, only NS, RL, and RSDM did not show a significant effect according to the analysis of variance. The regression analysis showed a quadratic polynomial response for the variables NS and DHS, and linear response for LHS and NL/S, with increased BC concentration in the substrates (Figure 1).

Seedlings produced with substrate containing 100% BC showed higher averages and were registered in the variables DHS, RL and NL/S (Figure 1B, 1C, and 1D), getting an increase of approximately 40, 70, and 38%, respectively, compared to the control substrate (0% BC). This result corroborates the studies by Araújo *et al.* (2017), who evaluated the effect of organic residues, found regionally, on the growth and quality of paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) seedlings, also they stood out that the substrates with higher proportions of residues of carnauba influenced the growth of seedlings.

The variables IN, NF/I, APFM, and APDM obtained a linear response due to the increase in BC to the substrate (Figure 2A, 2B, 2C, and 2D).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os substratos a base de BC influenciaram significativamente a maioria das variáveis estudadas, apenas NB, CR e MSSR não apresentaram efeito significativo segundo a análise de variância. A análise de regressão apresentou resposta polinomial quadrática para as variáveis NB e DMB, e resposta linear para CMB e NF/B, com aumento da concentração de BC nos substratos (Figura 1).

As mudas produzidas com substrato contendo 100% de BC apresentaram maiores médias e foram registradas nas variáveis DMB, CB e NF/B (Figura 1B, 1C e 1D), obtendo aumento de aproximadamente 40, 70 e 38%, respectivamente, quando comparado ao substrato testemunha (0% de BC). Esse resultado corrobora com os estudos de Araújo *et al.* (2017), que avaliaram o efeito de resíduos orgânicos, encontrados regionalmente, no crescimento e qualidade de mudas de paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) e destacaram que os substratos com maiores proporções de resíduos de carnaúba influenciaram no crescimento das mudas.

As variáveis NI, NF/I, MFPA e MSPA obtiveram resposta linear em função do aumento de BC ao substrato (Figura 2A, 2B, 2C e 2D).

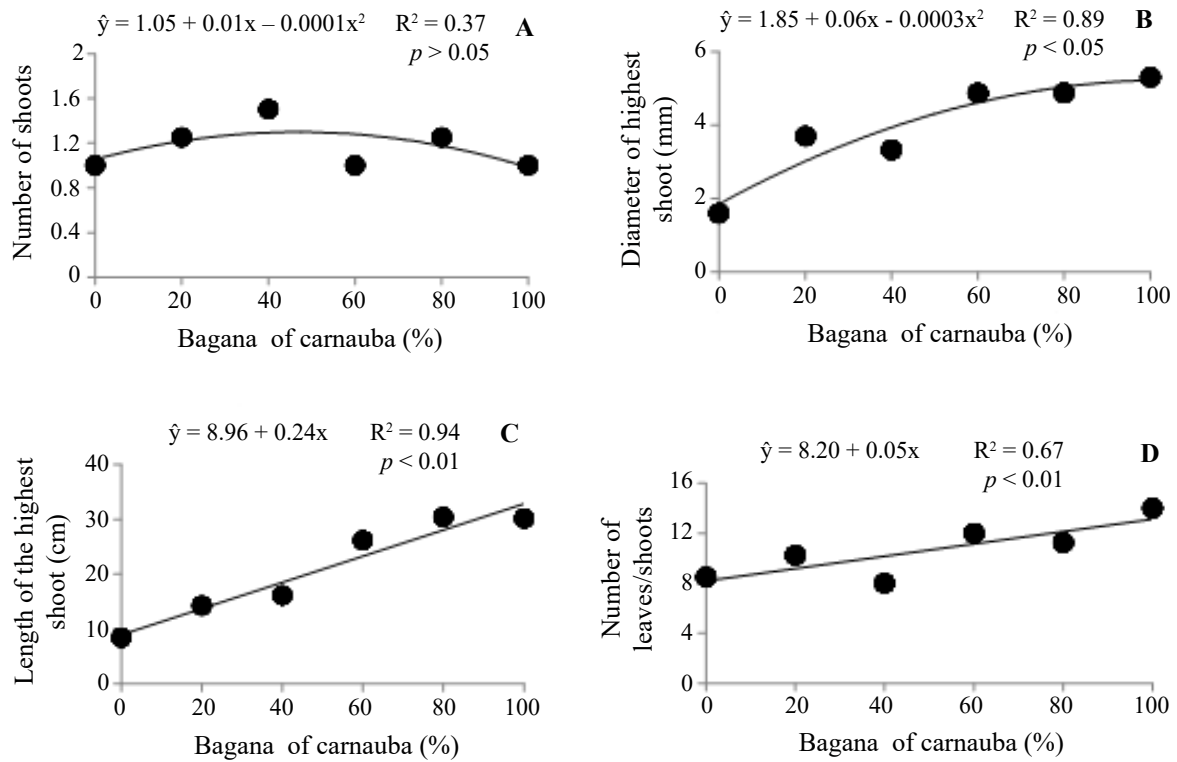


Figure 1 - Number of shoots (A), diameter of the highest shoot (B), length of the highest shoot (C) and number of leaves/shoots (D), of *Ruellia simplex* seedlings depending on the different proportions of substrates based on bagana of carnauba (BC).

$p > 0.01$: Significant at the 1% probability level, $p > 0.05$: Significant at the 5% probability level, by the F test.

Figura 1 - Número de brotos (A), diâmetro do maior broto (B), comprimento do maior broto (C) e número de folhas/broto (D), de mudas de *Ruellia simplex* em função das diferentes proporções de substratos a base de bagana de carnaúba (BC).

$p > 0,01$: Significativo ao nível de 1% de probabilidade, $p > 0,05$: Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

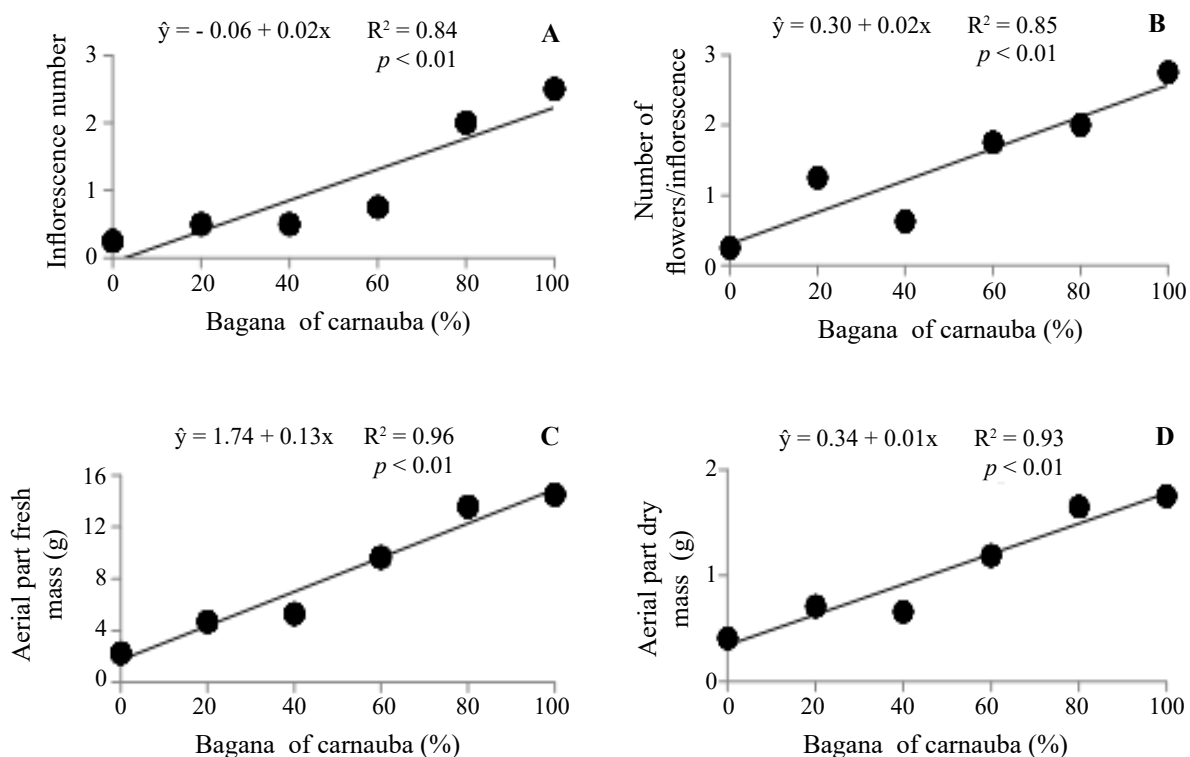


Figure 2 - Inflorescence number (A), number of flowers per inflorescence (B), aerial part fresh mass (C) and aerial part dry mass (D) of *Ruellia simplex* seedlings depending on the different substrates based on bagana of carnauba (BC).

$p > 0.01$: Significant at the 1% probability level, by the F test.

Figura 2 - Número de inflorescência (A), número de flor por inflorescência (B), massa fresca da parte aérea (C) e massa seca da parte aérea (D) de mudas de *Ruellia simplex* em função dos diferentes substratos à base de bagana de carnaúba (BC).

$p > 0,01$: Significativo ao nível de 1% de probabilidade, pelo teste F.

Assis Reges *et al.* (2018) report that the development of fresh and dry mass is related to the capacity of water and nutrient absorption of the substrate by the plant, associated with the characteristics of aeration and moisture retention of the substrate, thus enhancing the photosynthetic efficiency of the plant. Characteristics observed in the treatments with the highest concentration of bagana of carnauba are given in Table 2.

Following the same trend, in Table 1, it is noted that the treatments with the highest concentration of bagana of carnauba obtained the highest value for the analyzed macronutrients, N, P, K, Ca, Mg, and S. Thus, *Ruellia simplex* seedlings submitted to treatments with a higher proportion of BC substrate confirm the premise that increased fertility and improved physical properties of substrates afford better seedling development (ARAÚJO *et al.*, 2017).

Assis Reges *et al.* (2018) relatam que o desenvolvimento da massa fresca e seca está relacionado à capacidade de absorção de água e nutrientes do substrato pela planta, veiculados pelas características de aeração e retenção de umidade do substrato, potencializando assim a eficiência fotossintética do vegetal. Características observadas nos tratamentos de maior concentração de bagana de carnaúba (Tabela 2).

Seguindo a mesma tendência, na Tabela 1, observa-se que os tratamentos de maior concentração de bagana de carnaúba obtiveram maior valor para os macronutrientes analisados, N, P, K, Ca, Mg e S. Desse modo, as mudas de *Ruellia simplex* submetidas aos tratamentos com maior proporção de substrato de BC confirmam a premissa que o aumento da fertilidade e melhoria das propriedades físicas dos substratos proporcionam melhor desenvolvimentos das mudas (ARAÚJO *et al.*, 2017).

Likewise, Beckmann-Cavalcante *et al.* (2015) observed this fact, in the production of heliconia cv. Golden Torch. These authors reported that nitrogen is one of the main nutrients responsible for the development of the aerial part required for the synthesis of amino acids, amines, proteins, and nucleic acids; besides, it is part of the chlorophyll molecule, necessary for photosynthesis.

Apart from this, S, K, and Mg are other fundamental nutrients and that concerning the emission of leaf primordium, these act as enzyme function activators, each having its particularity. S contributes to the formation of amino acids, K is fundamental for cell turgor and sugar translocation, and Mg is a component of the chlorophyll molecule (DIVAN JUNIOR, 2017). These factors implied to the good-performance of the aerial part, because, compared to the levels of nutrients (Table 1), it is observed that the substrate BC₁₀₀ has greater amounts concerning the substrate with BC₀.

Regarding the variables RL, RV, RSFM, and RSDM, the regression analysis presented a linear response, obtaining an increase of 25, 60, 48, and 10% in the averages of the respective variables, comparing treatments BC₀ and BC₁₀₀ (Figure 3).

Em relação às variáveis CR, VR, MFSR e MSSR, a análise de regressão apresentou resposta linear, obtendo-se um incremento de 25, 60, 48 e 10 % nas médias das respectivas variáveis, comparando-se os tratamentos BC₀ e BC₁₀₀ (Figura 3A).

Root development is directly related to the porosity characteristic of the substrate; that is, the higher number of porous, the lower the resistance of the substrate to the penetration of the roots (BRITO *et al.*, 2017). Silva *et al.* (2013) report that the substrate has a direct influence on the size and quantity of roots, due to the characteristics of aeration and water retention, requiring a balance between these factors to produce seedlings with higher quality.

Furthermore, corroborating to the present study, Brito *et al.* (2017) and Araújo *et al.* (2017) found a good root system development for lettuce (*Lactuca sativa* L.) and paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) seedlings when using substrates that contained carnauba residues.

Esse fato também é observado por Beckmann-Cavalcante *et al.* (2015) na produção de helicônia cv. Golden Torch. Os autores relataram que o nitrogênio é um dos principais nutrientes responsáveis pelo desenvolvimento da parte aérea, sendo fundamental para a síntese de aminoácidos, de amins, proteínas e ácidos nucléicos, além disso, faz parte da molécula de clorofila, essencial para a fotossíntese.

Outros nutrientes fundamentais são o S, K e Mg, quando se trata de emissão de primórdio foliar, ambos são ativadores de função enzimáticas, tendo cada um sua particularidade, o S contribui para a formação de aminoácidos, o K é fundamental para a turgescência celular e na translocação de açúcares, e o Mg é um componente da molécula de clorofila (DIVAN JUNIOR, 2017). Fatores estes que implicaram para o bom desempenho da parte aérea, pois, quando comparado aos teores dos nutrientes (Tabela 1), observa-se que o substrato BC₁₀₀ possui maiores quantidades em relação ao substrato com BC₀.

Em relação às variáveis CR, VR, MFSR e MSSR, a análise de regressão apresentou resposta linear, obtendo-se um incremento de 25, 60, 48 e 10 % nas médias das respectivas variáveis, comparando-se os tratamentos BC₀ e BC₁₀₀ (Figura 3A).

O desenvolvimento das raízes está diretamente relacionado à característica de porosidade do substrato, pois quanto mais poroso, menor será a resistência do substrato à penetração das raízes (BRITO *et al.*, 2017). Silva *et al.* (2013) relatam que o substrato exerce influência direta no tamanho e quantidades de raízes, pelas características de aeração e retenção de água, necessitando de um equilíbrio entre esses fatores para que haja produção de muda com maior qualidade.

Em conformidade com o presente estudo, Brito *et al.* (2017) e Araújo *et al.* (2017) constataram um bom desenvolvimento do sistema radicular para as mudas de alface (*Lactuca sativa* L.) e paricá (*Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke) quando utilizados os substratos que continham resíduos de carnaúba.

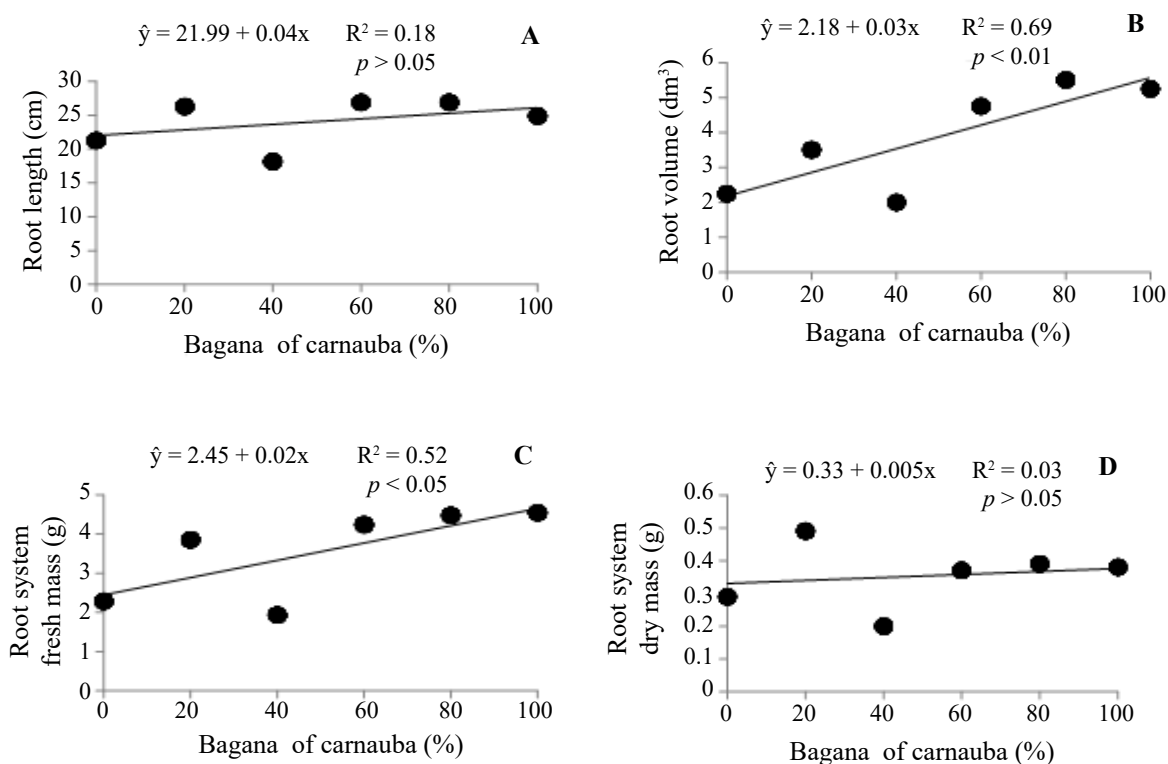


Figure 3 - Root length (A), root volume (B), root system fresh mass (C) and root system dry seedlings depending on the different substrates based on bagana of carnaúba (BC).

$p > 0.01$: Significant at the 1% probability level, $p > 0.05$: Significant at the 5% probability level, by the F test.

Figura 3 - Comprimento radicular (A), volume radicular (B), massa fresca do sistema radicular (C) e massa seca do sistema radicular (D) de mudas de *Ruellia simplex* em função dos diferentes substratos a base de bagana de carnaúba (BC).

$p > 0,01$: Significativo ao nível de 1% de probabilidade, $p > 0,05$: Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

CONCLUSION

The bagana of carnauba provides better quality of *Ruellia simplex* seedlings;

Having a direct relationship between the increase in the proportion of the volume of banana of carnauba and the inflorescence number, the substrate with 100% carnauba bagana is indicated.

CONCLUSÃO

A bagana de carnaúba proporciona melhor qualidade de mudas de *Ruellia simplex*;

Há uma relação direta entre o aumento da proporção do volume de bagana de carnaúba e o número de inflorescência, o substrato com 100% de bagana de carnaúba é o indicado.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

- ALMEIDA, J. P. N.; LEITE, G. A.; MENDONÇA, V.; CUNHA, P. S. C. F.; ARRAIS, I. G.; TOSTA, M. S. Concentrações de AIB e substratos no enraizamento e vigor de estacas lenhosas de cajaraneira. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 1, p. 11-18, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2004>
- ARAÚJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; ARAUCO, A. M. S.; GONÇALVES, E. O.; ALMEIDA, K. N. S. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, v. 5, n. 1, p. 16-23, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/2318-7670.v05n01a03>
- ASSIS REGES, J. T.; MAIA, A. C. D. A. C.; DA SILVA, C. J.; TAVARES, W. R. V.; DE JESUS SANTOS, I. Adubação orgânica e mineral na formação de mudas de *Jatropha curcas* L. **Magistra**, v. 29, n. 3/4, p. 273-281, 2018.
- BASSO, C. J. **Épocas de aplicação de nitrogênio para o milho cultivado em sucessão a plantas de cobertura de solo, no sistema plantio direto**. 91 f. Tese (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1999.
- BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; AMARAL, G. C.; AVELINO, R. C.; SILVA, A. A.; SILVA, A. S.; OLIVEIRA, J. B. S. Produção de inflorescências de helicônia cv. Golden Torch sob adubação nitrogenada e potássica. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 65-73, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v6i1.674>
- BRITO, L. P. D. S.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; AMARAL, G. C.; SILVA, A. A.; AVELINO, R. C. Reutilização de resíduos regionais como substratos na produção de mudas de cultivares de alface a partir de sementes com e sem peletização. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 116, n. 1, p. 51-61, 2017.
- CANZI, K. N.; BYCZKOVSKI, C.; GRIGOL, D. E. B.; CANEZIN, M.; LIMA, L. T. de; CORRÊA, E. J. T.; OKAMOTO, J.; BÁCARO, P. P.; PRANDO, T. B. L.; JAQUINTA, S. C.; TAKEMURA, O. S.; JACOMASSI, E. Levantamento florístico do horto medicinal do campus 2 da Universidade Paranaense (Unipar) – Umuarama/Pr. **Arquivo de Ciências da Saúde Unipar**, v. 16, n. 3, p. 123-137, 2012. DOI: <https://doi.org/10.25110/arqsaude.v16i3.2012.4967>
- DIVAN JUNIOR, A. M. **Nutrição Mineral**. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. p. 83-96.
- GONÇALVES, M. P. M.; SILVA, M. I. O.; GRUGIKI, M. A.; FELICIANO, A. L. P.; SILVA, L. B. Substratos alternativos na produção de mudas de *Harpalyce brasiliiana* Benth. **Oecologia Australis**, v. 23, n. 3, p. 464-472, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2019.2303.06>
- OLIVEIRA, A. M. D.; COSTA, E.; REGO, N. H.; LIMA LUQUI, L.; KUSANO, D. M.; OLIVEIRA, E. P. Produção de mudas de melancia em diferentes ambientes e de frutos a campo. **Revista Ceres**, v. 62, n. 1, p. 87-92, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201562010011>
- OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA, J. M.; SOUZA NETA, M. L.; OLIVEIRA, M. K. T.; ALVES, R. C. Substrato e bioestimulante na produção de mudas de maxixeiro. **Horticultura Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 141-146, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170122>
- OLIVEIRA, F. T.; HAFLE, O. M.; MENDONÇA, V.; MOREIRA, J. N.; JUNIOR, E. B. P.; ROLIM, H. O. Respostas de porta-enxertos de goiabeira sob diferentes fontes e proporções de materiais orgânicos. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 1, p. 17-2, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14295/cs.v6i1.501>
- PASSOS, M. L. V.; ZAMBRZYCKI, G. C.; PEREIRA, R. S. Balanço hídrico e classificação climática para uma determinada região de Chapadinha-MA. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 10, n. 4, p. 758-766, 2016. DOI: <https://doi.org/10.7127/RBAI.V10N400402>
- SANTANA, S. M.; SOUSA ALMEIDA, A. P.; PONTES, S. F.; COSTA, C. A. A.; OLIVEIRA, A. R. F.; DA SILVA-MATOS, R. R. S. Produção de mudas de ipê roxo em substratos a base de caule decomposto de babaçu. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 15, n. 4, p. 275-280, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.30969/acsa.v15i4.1097>
- SARTIN, R. D.; PEIXOTO, J. C.; LOPES, D. B.; PAULA, J. R. Flora do Bioma Cerrado: Abordagem de estudos da família *Acanthaceae* Juss - espécies ornamentais no Brasil. **Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 3, n. 2, p. 164-179, 2014. DOI: <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2014v3i2.p164-179>

SILVA, L. R. A.; SILVA, W. B.; SILVA, G. M. C.; BARROS, F. R.; GOMES, E. R.; SILVA, M. R. T.; SETÚBAL, J. W. Avaliação de crescimento de plântulas de quiabeiro em diferentes substratos. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 24, n. 2, p. 63-68, 2013.

TESSARO, D.; MATTER, J. M.; KUCZMAN, O.; FURTADO, L.; COSTA, L. A. M.; COSTA, M. S. S. M. Produção agroecológica de mudas e desenvolvimento a campo de couve-chinesa. **Ciência Rural**, v. 43, n. 5, p. 831-837, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013005000036>

VERNIER, R. M.; CARDOSO, S. B. Influência do ácidoindol-butírico no enraizamento de Estacas em espécies frutíferas e ornamentais. **Revista Eletrônica de Educação e Ciência**, v. 3, n. 2, p. 11-16, 2013.