

Uso de biofertilizantes y aguas salinas en la formación de plántulas de frutas de pasión amarilla*

Use of biofertilizers and salt waters in the formation of seedlings of yellow passion fruits

Francisco de Oliveira Mesquita¹, Rafael Oliveira Batista², Jackson de Mesquita Alves³, Antônio Gustavo de Luna Souto⁴, Talita Dantas Pedrosa⁵, Evandro Franklin de Mesquita⁶

RESUMEN: El objetivo fue evaluar los efectos de la salinidad del agua de riego en la formación de plántulas de maracuyá amarillas utilizando biofertilizantes bovinos comunes y enriquecidos, respectivamente. En este sentido, se realizó un experimento en un invernadero, en la ubicación del Centro de Ciencias Agrícolas y de Biodiversidad CCAB / UFCA, municipio de Crato (CE), desde octubre de 2018 hasta marzo de 2019. El sustrato era material de los primeros 20 cm de un Latosol rojo-amarillo. El diseño experimental fue completamente al azar en un esquema factorial $5 \times 2 \times 2$, con tres repeticiones, en referencia a los valores de conductividad eléctrica del agua de riego: 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m^{-1} , en suelo sin y con biofertilizante común, sin y con biofertilizante químicamente enriquecidos con leche y yeso agrícola, empacado en bolsas de polietileno negro con una capacidad máxima de 5.0 kg, totalizando 60 tratamientos. Las variables estudiadas fueron: conductividad eléctrica del suelo, altura de la planta, número y área de la hoja, diámetro del tallo y raíz. El aumento en la salinidad del agua de riego afectó negativamente el comportamiento inicial de las plántulas, pero con menos intensidad en los tratamientos con biofertilizantes ricos y comunes, respectivamente.

Palavras-chave: *Passiflora edulis* f. *Flavicarpa* Deg. Conductividad eléctrica. Insumo orgânico. Salinización.

ABSTRACT: The objective this study was to evaluate the effects of salinity of irrigation water on the formation of yellow passion fruit seedlings with the use of common and enriched bovine biofertilizers, respectively. In this sense, an experiment was carried in greenhouse conditions, in locality of Center for Agrarian Sciences and Biodiversity (CCAB/UFCA), county of Crato (CE), in period from october/2018 to march/2019. The substrate was an material of the first 20 cm of a Latosolo Yellow Red. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme $5 \times 2 \times 2$, with three replications, referring to the electrical conductivity values of the irrigation water: 0.5; 1.0; 2.0; 3.0 and 4.0 dS m^{-1} , in soil without and with common bovine biofertilizer and chemically enriched with milk and gypsum, packed in black polyethylene bags with a maximum capacity of 5.0 kg, totaling 60 treatments. The variables studied were: soil electrical conductivity, plant height, number and area leaf, stem and root diameter. The increase of irrigation water salinity affected negatively the initial behavior of seedlings, but with less intensity in the treatments with rich and common biofertilizer, respectively.

Keywords: *Passiflora edulis* f. *Flavicarpa* Deg. Electrical conductivity. Organic input. Sanility.

* Parte del Proyecto Postdoctoral del primer autor presentado a la Curso de Postgrado en Desarrollo Regional Sostenible - Universidad Federal de Cariri (UFCA), Crato (CE), Brasil.

¹ Pós-doutorando pela Universidade Federal do Cariri (UFCA), Campus Crato (CE), Brasil.

² Prof. Associado III da Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal (PB), Brasil.

³ Mestrando programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical (PPGHT), Departamento de Ciências Agrárias, Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal, Pombal (PB), Brasil.

⁴ Bolsista de Pós-doutorado Júnior/CNPq pela Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Areia (PB), Brasil.

⁵ Professora M.Sc. do Departamento de Engenharia e Ciências Ambientais da Universidade Federal Rural do Semi Árido (UFERSA), Campus de Mossoró (RN), Brasil.

⁶ Prof. Dr. do Departamento de Agrárias e Exatas DAE/UEPB, Universidade Estadual da Paraíba, Catolé do Rocha (PB), Brasil.

Autor correspondente: Francisco de Oliveira Mesquita
E-mail: mesquitaagro@yahoo.com.br

Recebido em: 29/05/2021
Aceito em: 04/12/2021

INTRODUCCIÓN

La creciente necesidad de aumentar la producción de alimentos constituye un serio desafío científico-tecnológico y ha requerido la expansión de nuevas áreas cultivadas. Sin embargo, esta búsqueda no toma en cuenta suelo la incorporación de áreas agrícolas consideradas adecuadas para el cultivo, sino también el uso de áreas degradadas, como suelos afectados por sales y aguas consideradas de calidad inferior, como aquellas con alto contenido de sal (RIBEIRO *et al.*, 2017).

La maracuyá amarilla (*Passiflora edulis* F. Flavicarpa Deg.) es una especie nativa de América tropical, con más de 150 especies nativas de Brasil, cultivadas intensivamente en países con clima tropical y subtropical. La más importante comercialmente, la maracuyá amarilla, que representa el 95% de los huertos del país, es también la especie más plantada del mundo (MELETTI *et al.*, 2011).

En 2019, Brasil tuvo una producción de 593,429 t, de las cuales se cosecharon 41,584 há (IBGE, 2019). El Nordeste tiene una mayor contribución a la productividad del país, responsable por 382,739 t, con una participación del 64,5 % en la producción total. El estado de Bahía ocupa la primera posición de la producción brasileña de la fruta, con 168,457 t, y el estado de Ceará llega poco después, en segundo lugar, con una producción de 145,102 t (IBGE, 2019).

En la producción de plántulas de buena calidad con características agronómicas bien definidas, incluyendo maracuyá amarilla, se deben adoptar metodologías eficientes y, si es posible, de bajo costo (OLIVEIRA *et al.*, 2018; MESQUITA *et al.*, 2020). Entre las limitaciones para el cultivo de la cultura, la primera, y tan importante como cualquier otra, es el uso de material biológico de alta calidad. En esta fase fenológica e incluso teniendo en cuenta que la fruta de la pasión durante el primer año, es moderadamente sensible a la salinidad (AYERS & WESTCOT, 1999), el crecimiento puede ser inhibido por la salinidad o la sodicidad y otras limitaciones como la falta de agua en términos de cantidad y calidad (MEDEIROS *et al.*, 2016; SOUZA & PERES, 2016; MELO FILHO *et al.*, 2017).

El exceso de sales en el agua de riego causa varios efectos, entre los cuales: el efecto osmótico, el desequilibrio nutricional y el efecto tóxico de los iones, particularmente el cloro y el sodio (MELO FILHO *et al.*, 2017). Se sabe que la salinidad afecta drásticamente el crecimiento y la producción de varias frutas, incluida la fruta de la maracuyá agria (MESQUITA *et al.*, 2012b) y fruta de la maracuyá amarillo *Passiflora edulis* f. flavicarpa (MESQUITA *et al.*, 2012a; MEDEIROS *et al.*, 2016).

La aplicación de biofertilizante bovino sobre el sustrato aumenta la absorción de solutos orgánicos y favorece el ajuste osmótico por las plantas en estrés salino, favoreciendo una mayor absorción de agua y nutrientes (NASCIMENTO *et al.*, 2011; NUNES *et al.*, 2017). Los estudios demuestran que el uso del biofertilizante bovino aplicado durante la formación de plántulas de

fruta de la pasión puede mitigar los efectos negativos del riego con agua salina (MESQUITA *et al.*, 2012; NASCIMENTO *et al.*, 2016). Los fertilizantes orgánicos, como el biofertilizante, se están estudiando en árboles frutales (MESQUITA *et al.*, 2015), porque es una estrategia para aumentar la productividad y reducir los costos de producción, suministrando y equilibrando macro y micronutrientes (NUNES *et al.*, 2017).

Este trabajo tiene como objetivo estudiar los efectos de la salinidad del agua de riego en el comportamiento inicial de *Passiflora edulis* F. Flavicarpa Deg. en suelo con biofertilizante bovino común y enriquecido.

2 MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento con el cultivar de variedad de maracuyá amargo amarillo BRS SC1 se realizó de octubre de 2018 a marzo de 2019, en un ambiente protegido, en el Centro de Ciencias Agrícolas y de Biodiversidad (CCAB), de la Universidad Federal de Cariri (CCA-UFCA), en el municipio de Crato (CE), Brasil.

El municipio está situado a 422 m sobre el nivel del mar, ubicado bajo las coordenadas geográficas de la latitud 7°23'26''(S) y 39°36'94'' (W) de longitud de Greenwich. Según la clasificación de Köppen, el clima de la región es Aw (clima tropical con estación seca de invierno). El municipio de Crato tiene una temperatura promedio de 25.0 °C. Tiene una precipitación anual promedio de 1086 mm, concentrándose en los meses de enero a mayo, según Köppen & Geiger (VIEIRA *et al.*, 2017). La temporada de lluvias se concentra de marzo a julio con una precipitación media anual de 1.400 mm.

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar, en un esquema factorial $5 \times 2 \times 2$, con tres repeticiones, en referencia a los valores de conductividad eléctrica del agua de riego: 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m⁻¹, en el suelo sin, con biofertilizante común y biofertilizante químicamente enriquecidos con leche y yeso agrícola, empaquetado en bolsas de polietileno negro con capacidad máxima de 5,0 kg (MESQUITA *et al.*, 2020), totalizando 60 tratamientos, según Mesquita *et al.* (2020).

Para obtener el valor de la conductividad eléctrica de cada tipo de agua utilizada para riego, la adición de NaCl en el agua de pozo del CCAB/UFCA. Al preparar los cinco tratamientos de agua de diferentes composiciones salinas, el agua utilizada era del pozo local con baja salinidad y sin cloro agregado (CE = 0,23 dS m⁻¹), y luego se agregó NaCl en la preparación de las otras aguas para riego suplementario: CEa = 1,0; 2,0; 3,0 e 4,0 dS m⁻¹. Para las mediciones y el control de las conductividades eléctricas de las aguas, se utilizó un conductivímetro digital portátil del modelo Hi98304 del fabricante Hanna, según los trabajos realizados por Mesquita *et al.* (2020).

El sustrato utilizado fue un Latosol rojo-amarillo (SANTOS, 2006; EMBRAPA, 2013), no salina, sometida a análisis de laboratorio para determinar los atributos físicos y químicos relacionados con la fertilidad y la salinidad, indicados en la Tabla 1, como Embrapa (2013) y Richards (1954).

Tabla 1. Caracterización física y química del suelo para fertilidad y salinidad en la capa de 0-20 cm. Crato (CE), 2018

Atributos físicos	Valor	Atributos de fertilidad	Valor	Atributos de salinidad	Valor
Ds (g cm ⁻³)	1,51	pH en agua (1: 2,5)	4,90	CEes (dS m ⁻¹)	0,85
Dp (g cm ⁻³)	2,76	MO (g Kg ⁻¹)	4,08	pH	4,95
Pt (m ³ m ⁻³)	0,46	P (mg dm ⁻³)	6,27	Ca ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	1,53
Arena (g kg ⁻¹)	869	K ⁺ (mg dm ⁻³)	49,93	Mg ²⁺ (mmol _c L ⁻¹)	0,57
Silte (g kg ⁻¹)	69	Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,79	Na ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	2,14
Arcilla (g kg ⁻¹)	98	Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	0,56	K ⁺ (mmol _c L ⁻¹)	74,42
Ada (g kg ⁻¹)	12	Na ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	1,06	Cl ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	-
GF (%)	80,45	H ⁺ + Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	1,85	CO ₃ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	-
ID (%)	12,76	Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,10	HCO ₃ ⁻ (mmol _c L ⁻¹)	-
U _{cc} (g kg ⁻¹)	15,43	SB (cmol _c dm ⁻³)	1,53	SO ₄ ²⁻ (mmol _c L ⁻¹)	-
U _{pmp} (g kg ⁻¹)	3,67	CTC (cmol _c dm ⁻³)	3,38	RAS (mmol L ⁻¹) ^{1/2}	1,57
Ad (g kg ⁻¹)	6,37	V (%)	45,26	PST (%)	63,31

Ds = Densidad del suelo; Dp = Densidad de partícula; Pt = Porosidad total; Ada = Arcilla dispersa en agua; GF = Grado de floculación; ID = Índice de dispersión; U_{cc} y U_{pmp} = respectivamente humedad del suelo a -0,01 e -1,5 Mpa; Ad = Aguas disponibles; MO = Materia orgánica; SB = Suma de bases (Na⁺ + K⁺ + Ca²⁺ + Mg²⁺); CTC = Capacidad de intercambio de cationes = SB + (H⁺ + Al³⁺); V = Valor de saturación base (100 x SB/CTC); CEes = Conductividad eléctrica del extracto de saturación; RAS = Relación de adsorción de sodio = Na⁺ x [(Ca²⁺ + Mg²⁺)/2]^{-1/2}; PST = Porcentaje de sodio intercambiable (100 x Na⁺/CTC).

El biofertilizante común se obtuvo por fermentación anaerobia de partes iguales de agua no salina y no clorada con estiércol bovino fresco de vacas lactantes, durante 30 días (SILVA *et al.*, 2007; MESQUITA *et al.*, 2020). El biofertilizante enriquecido se preparó con las mismas cantidades de agua y estiércol fresco que el biofertilizante común, sin embargo, además, se agregaron 2 L de melaza, 4 L de leche bovina y 2 kg de yeso agrícola, suministrados semanalmente en las proporciones de 1: 2: 1. El yeso agrícola usado contenía 26% de CaO, 14,7% de S y humedad del 5% en masa (MESQUITA *et al.*, 2020). Para el mantenimiento de cada sistema herméticamente sellado, se conectó el extremo, una manguera con un diámetro de 4 mm en la parte superior del biodigestor y el otro extremo sumergido en un recipiente con agua, botella PET de 2 L.

Antes de la aplicación, cada tipo de biofertilizante se diluyó en agua en una proporción de 1: 3, aplicado una vez, dos días antes de la siembra, en un volumen equivalente al 10% del volumen del sustrato (4,0 L).

En la siembra, se colocaron cinco semillas amarillas de maracuyá en cada unidad experimental que mostraron una viabilidad del 88%. A los 15 días después de la emergencia, las plantas fueron raleadas, manteniéndose las más vigorosas y el riego con cada nivel de solución salina se llevó a cabo diariamente en un volumen establecido de acuerdo con el requerimiento de agua del cultivo, que oscila entre 150 y 350 ml de agua hasta final del experimento, respetando las condiciones de la capacidad del campo del suelo.

La composición química del agua para riego y biofertilizantes en forma líquida se realizó utilizando las metodologías sugeridas por Richards (1954), en el laboratorio, centro analítico, da Universidad Federal de Cariri / Campus Juazeiro do Norte-CE. En cuanto a este análisis, la composición del agua mostró un pH de 7.31; CEa 0.23 dS m⁻¹; RAS igual 1.36 mmol L⁻¹; Ca⁺²=1.35 mmol L⁻¹; Mg⁺² = 0.94 mmol_c L⁻¹; Na⁺=1.46 mmol_c L⁻¹ y K⁺=0.13 mmol_c L⁻¹.

Para el biofertilizante común, la caracterización química se describió en el siguiente orden, $\text{pH}=7.64$; $\text{CEb}=4.28 \text{ dS m}^{-1}$; $\text{RAS}=8.20 \text{ mmol L}^{-1}$; $\text{Ca}^{+2}=8.03 \text{ mmol c L}^{-1}$; $\text{Mg}^{+2}=1.81 \text{ mmol c L}^{-1}$; $\text{Na}^{+}=18.21 \text{ mmol c L}^{-1}$ y $\text{K}^{+}=3.85 \text{ mmol c L}^{-1}$. Finalmente, para el aporte enriquecido de organo-minerales, tenemos que, $\text{pH}=5.96$; $\text{CEb}=17.41 \text{ dS m}^{-1}$; $\text{RAS}=8.76 \text{ mmol L}^{-1}$; $\text{Ca}^{+2}=34.00 \text{ mmol c L}^{-1}$; $\text{Mg}^{+2}=0.91 \text{ mmol c L}^{-1}$; $\text{Na}^{+}=36.62 \text{ mmol c L}^{-1}$ y $\text{K}^{+}=11.21 \text{ mmol c L}^{-1}$.

Al final del experimento, a los 62 DAE (días después de la emergencia), se evaluaron los siguientes parámetros morfológicos: altura de la planta, con la ayuda de una regla graduada, medida desde la base del tallo (previamente marcado) hasta la inserción de la última hoja; longitud de la raíz principal a través de una regla graduada; se contó el número de hojas completamente expandidas; diámetro del tallo y raíz principal, utilizando un calibrador digital, modelo digital 6" 150 mm DC-60 Western precisamente de 0.002 mm; área de hojas y raíces a través del pesaje de discos de hojas propuesto por Nascimento *et al.* (2011).

La evaluación de la altura de las plántulas y el diámetro del tallo se basó en una marca indeleble hecha en la base del tallo. Para determinar el área de la hoja (AF) y de las raíces (AR), el método utilizado fue el pesaje de los discos de hoja propuestos por Nascimento *et al.* (2011), utilizando un vertedor con área conocida (1.0 cm^2), donde se resaltaron los discos de las ramas de las hojas de las porciones basal, mediana y apical. El área de la hoja se estimó a través del área conocida de los discos de la hoja (ACD) resaltada a partir del peso de los discos de la hoja (PDF) y el peso total de la hoja (PFT), teniendo en cuenta el equilibrio analítico. El área total de la hoja se estimó utilizando la siguiente fórmula: $\text{AF} = \text{PTF} \times \text{ACD} / \text{PDF}$;

Se recogieron muestras de suelo en cada unidad experimental, a través de la tubería de suelo con la capacidad de 10 cm^3 de este material para evaluar la conductividad eléctrica (CEes) y del pH de la solución, respectivamente. Después de seleccionar cuidadosamente todas las muestras, se cuantificó el pH en solución, en volumen equivalente a 10 cm^3 del suelo + 25 mL de agua destilada que queda en un vaso desechable en un intervalo de tiempo de 1 hora para luego tomar las lecturas apropiadas también en el pHmetro digital y la conductividad eléctrica de la solución acuosa (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*, 2015).

Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza por la prueba F, y cuando fue significativo, los niveles de salinidad del agua se sometieron al análisis de regresión polinómica, mientras que las variedades de biofertilizantes y jaca se compararon con las de Tukey ($p < 0,05$) de acuerdo con la metodología de Banzatto & Kronka (2008). Para el procesamiento de datos, se utilizó la versión del software SISVAR livre 5.6, Build 86 - DEX-UFL Alivre (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La conductividad eléctrica del suelo aumentó linealmente por la interacción de la salinidad del agua x los biofertilizantes y expresa superioridad en los tratamientos con biofertilizantes bovinos comunes y ricos, respectivamente, como se indica em (Figura 1A).

En ausencia de biofertilizante (SB), los sustratos de las plántulas de maracuyá amarillas aumentaron sus CE de $0,41$ a $1,50 \text{ dS m}^{-1}$ en la salinidad del agua estimada de $0,5$ y $4,0 \text{ dS m}^{-1}$

¹, respectivamente (Figura 1A). Estos resultados son más bajo a los presentados por Mesquita *et al.* (2012a), donde se encontró en los sustratos de plántulas de maracuyá los valores de CE del orden de 3.28 e 4.91 dS m⁻¹, en el suelo sin y con aporte orgánico a 65 DAE. Este resultado se debe a la acumulación de sales en el sustrato con riegos periódicos con agua salina.

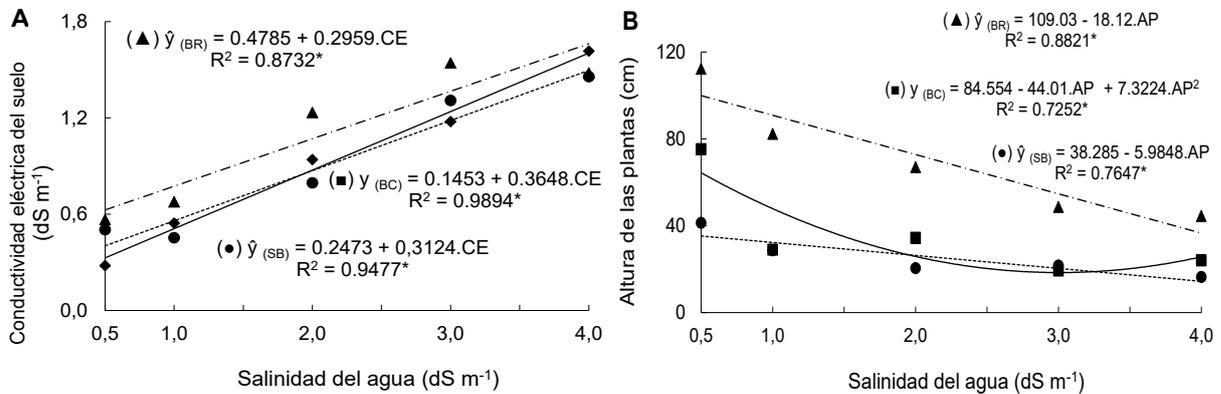


Figura 1. Conductividad eléctrica del suelo (A) y altura de la planta (B) de plántulas de maracuyá amarillas tratadas en el sustrato sin biofertilizante (●), con biofertilizante común (■) y con rico biofertilizante (▲) en función de la salinidad del agua de riego. Crato (CE), 2018.

Al final del experimento, independientemente de la adición, o no, de los biofertilizantes, el nivel salino de los sustratos evaluados por la conductividad eléctrica del suelo (CE) fue alto en 0.85 dS m⁻¹ (Tabla 1) al comienzo del experimento para arriba 1.60 y 1.67 dS m⁻¹, correspondiente a la entrada orgánica común (BC) y rico (BR), respectivamente (Figura 1A). Esto se debe a que el riego de las plántulas de maracuyá amarillas con agua con un mayor nivel de solución salina aumentó y favoreció un aumento porcentual de 11.33%. La salinidad de los sustratos se incrementó mediante la adición de sales al suelo mediante riegos sucesivos y también a las sales contenidas en los biofertilizantes bovinos comunes y ricos, en el orden de 4.28 y 17.41 dS m⁻¹.

Con respecto al rico biofertilizante bovino, la conductividad eléctrica del suelo fue superior al biofertilizante común en hasta 11.34%, en la conductividad eléctrica máxima estimada de 4.0 dS m⁻¹ (Figura 1A). Segundo Ayers & Westcot (1999) la maracuyá amarilla se considera sensible a los efectos de las sales con aguas que ofrecen restricciones moderadas (CEa > 2.55 dS m⁻¹) o severo (CEa > 3.0 dS m⁻¹). Todavía, conforme Rodrigues *et al.* (2017), insumos orgánicos, a pesar de proporcionar un aumento en la conductividad eléctrica del sustrato, estimulan el crecimiento y la producción de biomasa vegetal. Los resultados están de acuerdo con Lima Neto *et al.* (2016), Carneiro *et al.* (2017) y Oliveira *et al.* (2017) cuando notaron un aumento en la concentración de sales del suelo con riego de aguas con salinidad creciente.

El aumento en los niveles de salinidad del agua redujo el crecimiento en altura durante la formación de plántulas de maracuyá amarillas, restringir independientemente de la aplicación de insumos orgánicos (común y rico), pero con superioridad para los tratamientos que recibieron el aporte orgánico enriquecido proporcionado dos días antes de la siembra (Figura 1B).

A pesar de la alta dispersión de los datos, debido al estrés causado por la salinidad de las aguas, el rico biofertilizante promovió un mayor desarrollo de las plántulas en relación con el suelo sin y con un aporte orgánico común, respectivamente, con valores absolutos que fluctúan desde 25.63 en contra 36.55 cm, respectivamente. La altura de la planta se redujo con el aumento de CEa, donde se observó que a medida que aumentaban las CE, hubo una disminución unitaria de 5.98; 7.41 y 18.12 cm, en plántulas tratadas sin compost microbiano, con biofertilizante común y rico, evaluado a los 180 DAS, respectivamente (Figura 1B).

También fue verificado por Mesquita *et al.* (2012a) superioridad en la altura de las plántulas de maracuyá amarillas cultivadas en suelo neolítico distrófico bajo biofertilización, logrando mayor máximo 68.31 cm. Esta superioridad en los tratamientos con el aporte orgánico probablemente se deba a su composición microbiológica, para estimular la producción de sustancias vitales como solutos orgánicos, ácidos nucleicos, proteínas, además del suministro de sustancias húmicas que contribuyen al crecimiento de las plantas, estimulando así una mayor estabilidad del suelo en términos de propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (NUNES *et al.*, 2017).

Al comparar los valores de crecimiento en altura referidos al suelo sin y con biofertilizantes (Figura 1B), existe una superioridad significativa en el crecimiento de las plántulas, sin embargo, la inhibición drástica de las plantas causada por sales se informó en todas las situaciones, excepto para tratamientos con compuesto orgánico común (BC) desde el umbral de salinidad 3.01 dS m^{-1} , esto es, el estrés salino redujo significativamente el crecimiento en altura de las plántulas de maracuyá 58.3 para 52.9 cm (0.5 y 4.0 dS m^{-1} , respectivamente) debido a los efectos directos de la toxicidad iónica o los efectos indirectos de los iones salinos presentes en el suelo, causando desequilibrios osmóticos a las plantas (LOZANO-GARCÍA *et al.*, 2011). Estos datos están en línea con Carneiro *et al.* (2017), verificado que el exceso de sales de sodio causa una serie de daños en las propiedades químicas y físicas del suelo, lo que consecuentemente causa una reducción en el crecimiento y en algunas situaciones la muerte de las plantas cultivadas.

Una vez, el biofertilizante bovino aplicado al suelo, además de contribuir a la mejora del suelo, estimulando la microbiota del suelo, produce prolina, glicina, ácidos nucleicos y membranas combinadas con otros elementos complejos, además, aumenta la capacidad de retención de agua del suelo, estimula la actividad de microorganismos beneficiosos que hace que los elementos de los alimentos vegetales en el suelo estén fácilmente disponibles para las plantas, disminuyendo la salinidad y la erosión del suelo (SOUZA & PERES, 2016).

La salinidad afectó el crecimiento de las plántulas, especialmente en la fase de crecimiento inicial, como se observa en las plántulas de maracuyá amarillas (MESQUITA *et al.*, 2012b), papaya (SÁ *et al.*, 2013; LIMA NETO *et al.*, 2016) y Oiticica (DINIZ NETO *et al.*, 2014). Esto se debe al hecho de que el estrés salino limita la tasa fotosintética y la conductancia estomática, que en consecuencia disminuye la tasa de asimilación de CO_2 , comprometiendo el crecimiento de las plantas (FREIRE *et al.*, 2014; MELO FILHO *et al.*, 2017).

Los resultados sobre el número de hojas (NF) y área de la hoja (AF) de plántulas de maracuyá amarillas tratadas en el suelo sin aporte orgánico, en presencia del biofertilizante

común y enriquecido (Figura 2A e 2B), se ajustó el modelo de regresión polinómica lineal y cuadrática, respectivamente. Estos están representados por R^2 estimados de 75.57; 86.12 y 78.61 contra 81.70; 71.31 y 87.82% del fiabilidad estadística después 180 DAE.

En tratamientos sin compost fermentado, el número de hojas varió de 16.13 y 12.21, en la salinidad del agua de 0.5 y 4.0 dS m^{-1} , respectivamente. En este sentido, las plántulas de maracuyá experimentaron una caída significativa en 32.10% en el número de hojas en tratamientos sin biofertilizante bovino. A la vista, en los tratamientos que recibieron los biofertilizantes comunes y ricos, mostró una caída lineal del 22.03 y 22.98% en la cantidad de hojas, respectivamente, en función del aumento de sal presente en el agua de riego (Figura 2A).

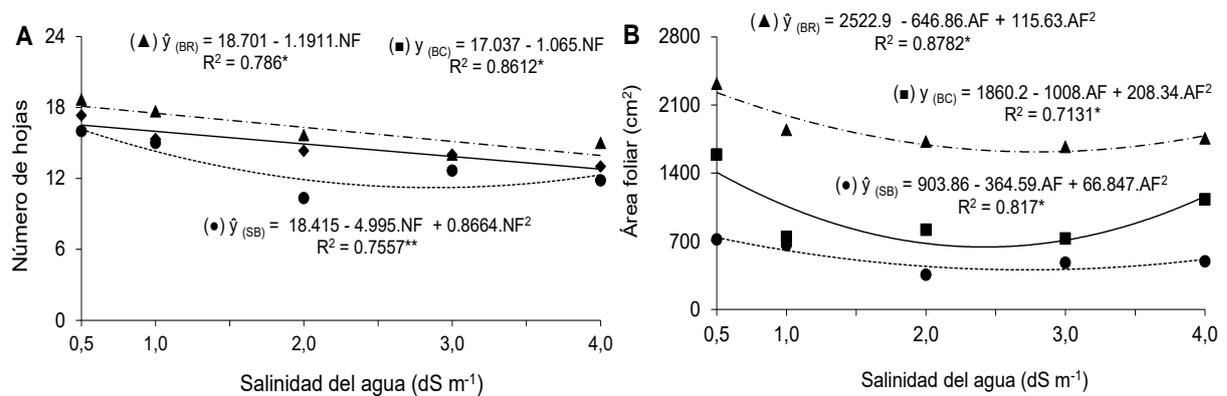


Figura 2. Numero de hojas (A) y área de la hoja (B) de plántulas de maracuyá amarillas tratadas en el suelo sin biofertilizante bovino (●), en presencia de biofertilizantes comunes (■) y con biofertilizante rico (▲) en detrimento de la salinidad del agua de riego. Crato (CE), 2018.

El área foliar de las plántulas de maracuyá sufrió una reducción con el aumento de CEa, donde se observó que a medida que aumentaba el CEa, hubo una disminución unitaria de 132.16; 347.79 y 236.70 cm^2 , hasta el umbral de salinidad de 2.72; 2.41 y 2.79 dS m^{-1} (Figura 2B), en plántulas tratadas sin aporte orgánico, en presencia del biofertilizante común y rico, respectivamente. El exceso de sales de sodio en el suelo provoca una serie de pérdidas en las propiedades físicas y químicas del suelo, que, en consecuencia, provoca una reducción en el crecimiento y en algunas situaciones la muerte de las plantas cultivadas (MESQUITA *et al.*, 2012a).

Comparativamente, la acción biológica de los biofertilizantes en los tratamientos con respecto al número de hojas (Figura 2A), área de la hoja (Figura 2B) y altura de las plántulas de maracuyá (Figura 1B) en ambas situaciones, mostró una disminución en los parámetros morfológicos con el aumento de la salinidad del agua, pero con menos intensidad o agresividad de las sales en las plántulas en tratamientos con biofertilizante rico en comparación con el insumo común. Esto se debe a la mayor contribución de los carbohidratos solubles totales presentes en el biofertilizante (azúcares solubles, aminoácidos libres, glicina, betaína y otras sustancias como la prolina, favoreciendo así, mayor capacidad de ajuste osmótico de las células de las plantas (TAIZ *et al.*, 2017).

Otra posible hipótesis para reducir estas respuestas variables (NF y AF) bajo condiciones salinas adversas, podría ser una forma de proteger las plántulas de factores abióticos al aclimatarse al estrés salino en las plantas, en lugar de la emisión de nuevas hojas, tienden a reducir la emisión y expansión de las hojas, o incluso al gasto de energía en el ajuste osmótico (SÁ *et al.*, 2013; HARTER *et al.*, 2014).

Tanto en el número de hojas como en el área de las plántulas de maracuyá amarillas (Figura 2A y B) hubo descensos proporcionales al aumento de sales tanto con el biofertilizante común, como con el uso de biofertilizante enriquecido, demostrando valores estimados más altos de la NF y AF con el uso de biofertilizante enriquecido con reducido 29.84 contra 27.38% entre el nivel de sal más alto y más bajo, del mismo modo, con el uso del biofertilizante común con disminuciones en 28.92% contra 54.50% y el tratamiento sin usar el biofertilizante ha reducido 44.38% contra 81.53%, desde el salinidad 0,5 hasta el umbral de salinidad 2.90; 2.79; 2.41 y 2.72 dSm^{-1} .

Este efecto positivo con el uso de biofertilizante bovino (Figura 2), principalmente el enriquecido se debe a que es una fuente de materia orgánica fermentada, que puede estimular la liberación de sustancias húmicas cuando se aplica al suelo causando un aumento en la producción de solutos orgánicos, como azúcares, aminoácidos libres, prolina y betaína, glicina betaína, que afectan positivamente la nutrición de las plantas (NASCIMENTO *et al.*, 2016).

El aumento de la conductividad eléctrica del agua de riego redujo el diámetro del tallo y radicular de las mudas del maracujá nos tratamientos sin insumos orgánicos como en los tratamientos con biofertilizantes comunes y ricos, pero con valores absolutos, menor intensidad en tratamientos con insumos orgánicos enriquecidos (Figura 3A y 3B). Esta reducción se debe al estrés causado por las sales presentes en el agua de riego, estas sales actúan para reducir la tasa fotosintética y la conductancia estomática, y como consecuencia disminuyen la tasa de asimilación de CO_2 , comprometer el crecimiento de las plantas (FERNÁNDEZ-GARCIA *et al.*, 2014).

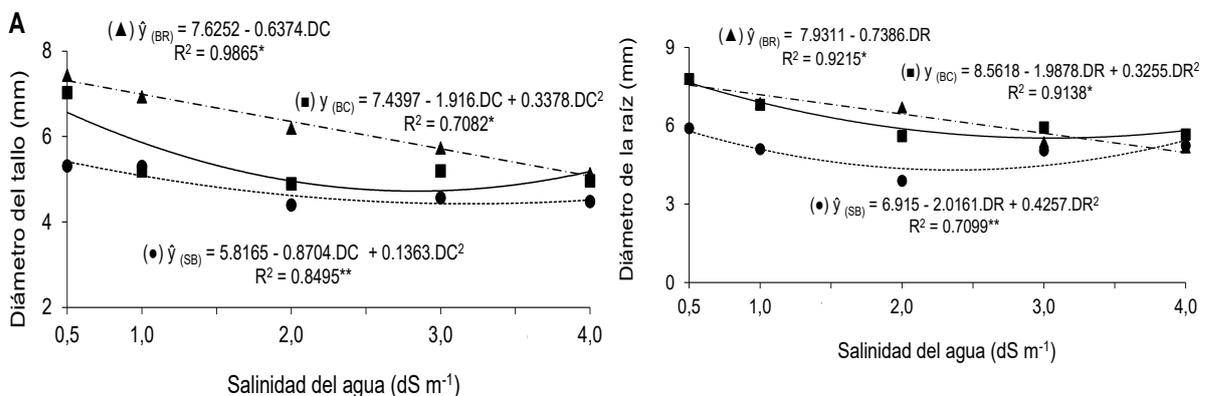


Figura 3. Diámetro del tallo (A) y diámetro de la raíz (B) de plántulas de maracuyá amarillas evaluadas en el sustrato sin biofertilizante bovino (●), en presencia de biofertilizantes comunes (■) y con rico biofertilizante (▲) en función de la salinidad del agua de riego. Crato (CE), 2018.

Comparativamente, las plántulas de maracuyá amarillas mostraron disminuciones en el diámetro de la raíz de 5.40 para 4.40 mm en tratamientos sin el aporte; de 6,55 a 5,07 mm, el

uso com del biofertilizante común es de 7,30 a 5.10 mm en sustratos tratados con entrada enriquecida. En este sentido, estos datos resultan en pérdidas de 22.72; 29.19 y 43.13% en diámetro de raíz, respectivamente, entre plantas regadas con 1.0; 2.0; 3.0 y 4.0 dS m⁻¹ en comparación con los regados con niveles más bajos de agua salina (0,5 dS m⁻¹).

Se encontró una situación similar para el diámetro de la raíz (Figura 3B), donde las plántulas de maracuyá lograron obtener valores absolutos en el orden de 5,59 y 5.28 mm; 7.65 y 5.76 mm contra 7,56 y 5,01 mm, respectivamente, en las salinidades estimadas de 0.5 y 4.0 dS m⁻¹. Esta situación es prometedora, considerando que el diámetro del tallo es, conforme Sá *et al.* (2013), una variable que expresa adecuadamente la relación entre el entorno de la raíz y la parte aérea de la maracuyá amarilla, debido a la falta de información biométrica y productiva del genotipo BRS Gigante Amarillo bajo riego con agua salina. Los resultados son similares a los obtenidos por Mesquita *et al.* (2012b) y Mesquita *et al.* (2015) al registrar efectos positivos de los biofertilizantes líquidos en la atenuación de sales durante el crecimiento inicial de las plantas en el campo y en la formación de plántulas de maracuyá amarillas y en el cultivo de neem en las mismas condiciones, respectivamente.

De acuerdo con Taiz *et al.* (2017), esta inhibición del crecimiento causada por la salinidad se debe al efecto osmótico, que promueve la sequía fisiológica, además de causar el efecto tóxico, resultante de la concentración de iones en el protoplasma.

Tolerancia a la solución salina, aunque relativamente baja en la mayoría de las especies cultivadas, puede ocurrir con gran variabilidad genética en el suelo entre especies, pero también, entre cultivares dentro de la misma especie, como ocurrió en ese estudio (PONTE *et al.*, 2011). Estos autores también denotan que la inhibición en el sistema de raíces de la planta ocurre como una estrategia para evitar el contacto con la sal en el sustrato. La mayoría de los árboles frutales presentan un detrimento en el crecimiento de las raíces con un aumento de las sales en el agua de riego, como el limón (SÁ *et al.*, 2017) y papaya (LIMA NETO *et al.*, 2016).

4 CONSIDERACIONES FINALES

Los biofertilizantes no inhibieron, pero atenuaron positivamente los efectos degenerativos del exceso de sales presentes en el agua de riego a las plantas en la formación inicial de las plántulas.

El diámetro del tallo y la raíz principal, así como la longitud de la raíz de las plántulas de maracuyá amarillas fueron mayores en los sustratos con el rico biofertilizante.

La superioridad estadística sobre todas las variables estudiadas indica una acción positiva de los biofertilizantes en la reducción de los efectos salinos del agua de riego en las plantas.

REFERENCIAS

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (FAO – Estudos Irrigação e Drenagem, 29).

ALMEIDA JÚNIOR, A. G.; NASCIMENTO, C. W. A.; BARROS, F. M. Acidez Potencial Estimada pelo Método do pH SMP em Solos do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 67-773, 2015.

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: UNESP, 2008. 247 p.

CARNEIRO, M. A.; LIMA, A. M. N.; CAVALCANTE, I. H. L.; CUNHA, J. C.; RODRIGUES, M. S.; LESSA, T. B. S. Soil salinity and yield of mango fertigated with potassium sources. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 5, p. 310-316, 2017.

DINIZ NETO, M. A.; SILVA, I. F.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, B. L. M. T.; SILVA, J. C. A.; SILVA, E. C. Mudanças de oiticica irrigadas com águas salinas no solo com biofertilizante bovino e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1. p. 10-18, 2014.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. p. 353.

FERNÁNDEZ-GARCÍA, N.; OLMOS, E.; BARDISI, E.; GARMA, J. G.; LÓPEZ-BERENGUER, C.; RUBIO-ASENSIO, J. S. Intrinsic water use efficiency controls the adaptation to high salinity in a semi-arid adapted plant, henna (*Lawsonia inermis* L.). **Journal of Plant Physiology**, v. 171, n. 1, p. 64-75, 2014.

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

FREIRE, A. L.; RAMOS, C. L.; ALMEIDA, E. G.; DUARTE, W. F.; SCHWAN, R. S. Study of the physicochemical parameters and spontaneous fermentation during the traditional production of *yakupa*, an indigenous beverage produced by Brazilian Amerindians. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 30, n. 2, p. 567-577, 2014.

HARTER, L. S. H.; HARTE, F. S.; DEUNER, C.; MENGHELLO, G. E.; VILLELA, F. A. Salinidade e desempenho fisiológico de sementes e plântulas de mogango. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 80-85, 2014.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal**. IBGE. 2019. 4 p.

LIMA NETO, A. J.; CAVALCANTE, L. F.; MESQUITA, F. O.; SOUTO, A. G. L.; SANTOS, G. P.; SANTOS, J. Z.; MESQUITA, E. F. Papaya seedlings irrigation with saline water in soil with bovine biofertilizer. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 76, n. 1, p. 235-241, 2016.

LOZANO-GARCÍA, B.; PARRAS-ALCÁNTARA, L.; MURIEL-FERNÁNDEZ, J. L. Soil tillage effects on monovalent cations (Na^+ and K^+) in vertisols soil solution. **Catena**, v. 84, n. 1, p. 61-69, 2011.

MEDEIROS, S. A. S.; CAVALCANTE, L. F.; BEZERRA, M. A. F.; NASCIMENTO, J. A. M.; BEZERRA, F. T. C.; PRAZERES, S. S. Saline water and bovine manure biofertilizer in the formation and quality of yellow passion fruit seedlings. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 779-795, 2016.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. especial, p. 83-91, 2011.

MELO FILHO, J. S.; VÉRAS, M. L. M.; ALVES, L. S.; SILVA, T. I.; GONÇALVES, A. C. M.; DIAS, T. J. Salinidade hídrica, biofertilizante bovino e cobertura vegetal morta na produção de mudas de pitombeira (*Talisia esculenta*). **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 3, p. 131-145, 2017.

MESQUITA, F. O.; CAVALCANTE, L. F.; ALVES, J. M.; MAIA JÚNIOR, S. O.; SOUSA, V. F. O. Attenuating use of biofertilizers and saline waters in jackfruit seedlings biomass. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 11621-11638, 2020.

MESQUITA, F. O.; REBEQUI, A. M.; CAVALCANTE, L. F.; SOUTO, A. G. L. Crescimento absoluto e relativo de mudas de maracujazeiro sob biofertilizante e águas salinas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 1, p. 222-239, 2012a.

MESQUITA, F. O.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; REBEQUI, A. M.; LIMA NETO, A. J.; NUNES, J. C. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo submetidas à salinidade em solo com biofertilizante bovino. **Ciencia del Suelo**, v. 30, n. 1, p. 31-41, 2012b.

MESQUITA, F. O.; NUNES, J. C.; LIMA NETO, A. J.; SOUTO, A. G. L.; BATISTA, R. O.; CAVALCANTE, L. F. Formação de mudas de nim sob salinidade da água, biofertilizante e drenagem do solo. **Irriga**, v. 20, n. 2, p. 193-203, 2015.

NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; SANTOS, P. D.; SILVA, S. A.; VIEIRA, M. S.; OLIVEIRA, A. P. Efeito da utilização de biofertilizante bovino na produção de mudas de pimentão irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 258-264, 2011.

NASCIMENTO, J. A. M.; CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L.; PEREIRA, W. E.; DANTAS, S. A. G.; MEDEIROS, S. A. S. The impacts of biofertilizer and mineral fertilization on the growth and production of yellow passion fruit irrigated with moderately saline water. **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 43, n. 1, p. 253-262, 2016.

NUNES, J. C.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; SOUZA, J. T. A.; ALMEIDA, D. J.; ORESCA, D.; FERNANDES, P. D. Gas exchange and productivity of yellow passion fruit irrigated with saline water and fertilized with potassium and biofertilizer. **Ciencia and Investigation Agraria**, v. 44, n. 2, p. 168-183, 2017.

OLIVEIRA, A. M. P.; REBOUÇAS, C. A. M.; DIAS, N. S.; SOUSA JUNIOR, F. S.; SÁ, F. V. S.; SOUSA NETO, O. N.; LIMA, A. O.; FERNANDES, C. S. Dynamics of ions in soils irrigated with saline reject. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 11, p. 190-197, 2017.

OLIVEIRA, F. I. F.; SOUTO, A. G. L.; CAVALCANTE, L. F.; MEDEIROS, W. J. F.; MEDEIROS, S. A. S. OLIVEIRA, F. F. Biomass and chloroplast pigments in jackfruit

seedlings under saline stress and nitrogen fertilization. **Revista Caatinga**, v. 31, n. 3, p. 622-631, 2018.

PONTE, L. F. A.; FERREIRA, O. S.; ALVES, F. A. L.; FERREIRA-SILVA, S. L.; PEREIRA, V. L. A.; SILVEIRA, J. A. G. Variabilidade de indicadores fisiológicos de resistência à salinidade entre genótipos de cajueiro-anão e gigante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 1-8, 2011.

RIBEIRO, H.; JAIME, P. C.; VENTURA, D. Alimentação e sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 185-198. 2017.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and Improvement of Saline Alkali Soils**, Agriculture, 160, Handbook 60. US Department of Agriculture, Washington DC. 1954.

RODRIGUES, R. M.; CAVALCANTE, L. F.; SOUTO, A. G. L.; GHEYI, H. R.; MESQUITA, F. O. Growth and regrowth of neem after cutting in saline - sodic soil treated with organic inputs. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 116-124, 2017.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S.; ANTÔNIO NETO, P.; FERNANDES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p.1047-1054, 2013.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; FIGUEIREDO, L. C.; MELO, A. S.; SILVA, L. A.; MOREIRA, R. C. L. Biochemical components and dry matter of lemon and mandarin hybrids under salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 249-253, 2017.

SANTOS, E. F. **Estudo comparativo de diferentes sistemas de classificações geotécnicas aplicadas aos solos tropicais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo. 2006.

SILVA, A. F.; PINTO, J. M.; FRANÇA, C. R. R. S.; FERNANDES, S. C.; GOMES, T. C. A.; SILVA, M. S. L.; MATOS, A. N. B. **Preparo e uso de biofertilizantes líquidos**. Comunicado Técnico, Petrolina, 130, 2007. 4 p.

SOUZA, L. R.; PERES, F. S. B. Uso de biofertilizantes à base de aminoácidos na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 87, p. 211-218, 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. A.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 818 p. 2017.

VIEIRA, M. T.; MEIRELES, A. C. M.; OLIVEIRA, C. W.; NASCIMENTO, M. T. B. Koppen-Geiger and Thornthwaite climatic classification for the metropolitan region of the Cariri, Ceará. **Revista Geama**, v. 3, n. 3, p. 136-143, 2017.