

Desarrollo inicial de *Enterolobium contorsiliquum* inoculado con rizobios en suelos de Rondonópolis - MT

Desenvolvimento inicial de *Enterolobium contorsiliquum* inoculado com rizóbios em solos de Rondonópolis - MT

Salomão Lima Guimarães

Universidad Federal de Rondonópolis

Amanda Freitas Silva Garcia

Universidad Federal de Rondonópolis

Caio Freitas Silva Garcia

Universidad Federal de Rondonópolis

RESUMEN

Enterolobium contorsiliquum (Vell.) Morong perteneciente a la familia Fabaceae, es una leguminosa que se encuentra en Brasil y popularmente conocida como rape. Su mayor importancia está relacionada con la recuperación de áreas forestales debido a su rápido desarrollo, incluso en ambientes perturbados. Se encuentra en áreas deforestadas, para forestación y recuperación de áreas degradadas. Por lo tanto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inoculación de cepas de rizobios en el desarrollo inicial de plantas de *E. contorsiliquum* cultivadas en dos suelos del municipio de Rondonópolis. El experimento se llevó a cabo en un invernadero de la Universidad Federal de Rondonópolis/MT, en un esquema factorial 4x2, cuatro correspondientes a tres cepas de rizobios (MT15, BR3267, BR4066-1115, y un control con fertilización nitrogenada, y 2 a los suelos Dystrophic Red Latosol y Quartzarenic Neosol, con cuatro repeticiones, totalizando 32 unidades experimentales, dispuestas en un diseño completamente aleatorizado. Las variables analizadas fueron altura de la planta, diámetro del tallo, índice de clorofila, masa seca del brote, masa seca de la raíz, masa seca total y volumen radicular. En el diámetro variable del tallo, la cepa BR3267 en el Neosuelo Cuarzarénico mostró interacción entre los factores. Para la masa seca de las raíces, el estípite BR3267 tuvo un promedio más alto para ambos suelos. Para el volumen de las raíces, la cepa MT15 obtuvo mejor desarrollo en el Neosuelo Cuarzarénico, mientras que las otras variables presentaron un comportamiento similar al de las plantas con fertilización nitrogenada. Se concluye que la inoculación de bacterias diazotróficas influyó en el desarrollo inicial de *E. contorsiliquum* en suelos de Rondonópolis/MT, especialmente el Neosol Cuarzorénico.

Palabras clave: Rape, fijación biológica de nitrógeno, Cerrado.

1 INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural considerado como uno de los sistemas biológicos más complejos del planeta, siendo esencial para el funcionamiento terrestre y el mantenimiento de la vida en la tierra, siendo necesaria su preservación dentro de los ecosistemas (SILVA et al., 2021.; OJEDA et al., 2022).

El aumento de la población y la demanda de producción agrícola provocan la expansión territorial, causando impactos ambientales cada vez mayores y dañando la biodiversidad en las regiones nativas. Las prácticas agrícolas intensivas han sido cada vez más dañinas, cambiando las características físicas, biológicas y la calidad del suelo (GOTELIP, 2021), y pueden originarse en la deforestación de bosques para la explotación de monocultivos, lo que lleva al agotamiento de la fertilidad del suelo (WADT et al., 2003), degradándolo.

En este sentido, el perfil del Cerrado ha ido cambiando significativamente, lo que resulta en exceso de deforestación, compactación del suelo, erosión, sedimentación de ríos, contaminación de aguas subterráneas, debido al modelo de ocupación y producción utilizado (CUNHA et al., 2008).

Se utilizan varias técnicas para la recuperación de áreas degradadas, restauración y conservación de la biodiversidad, como el uso de especies de leguminosas arbóreas que tienen la capacidad de simbiosis con bacterias que fijan el nitrógeno atmosférico, transformándolo en compuestos absorbibles por las plantas, considerándose una técnica de bajo costo (et al., 2012), ya que ayudan en el crecimiento de las plantas, con una reducción en la necesidad de la aplicación de fertilizantes nitrogenados, que, si se manejan mal, contribuyen al proceso de degradación ambiental (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006; MOREIRA et al., 2010), favoreciendo la calidad de los sistemas agrícolas, haciéndolos más sostenibles.

Así, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inoculación de cepas de rizobios sobre el desarrollo inicial de plantas de *E. contortisiliquum* cultivadas en dos suelos del municipio de Rondonópolis.

2 MATERIAL Y MÉTODOS

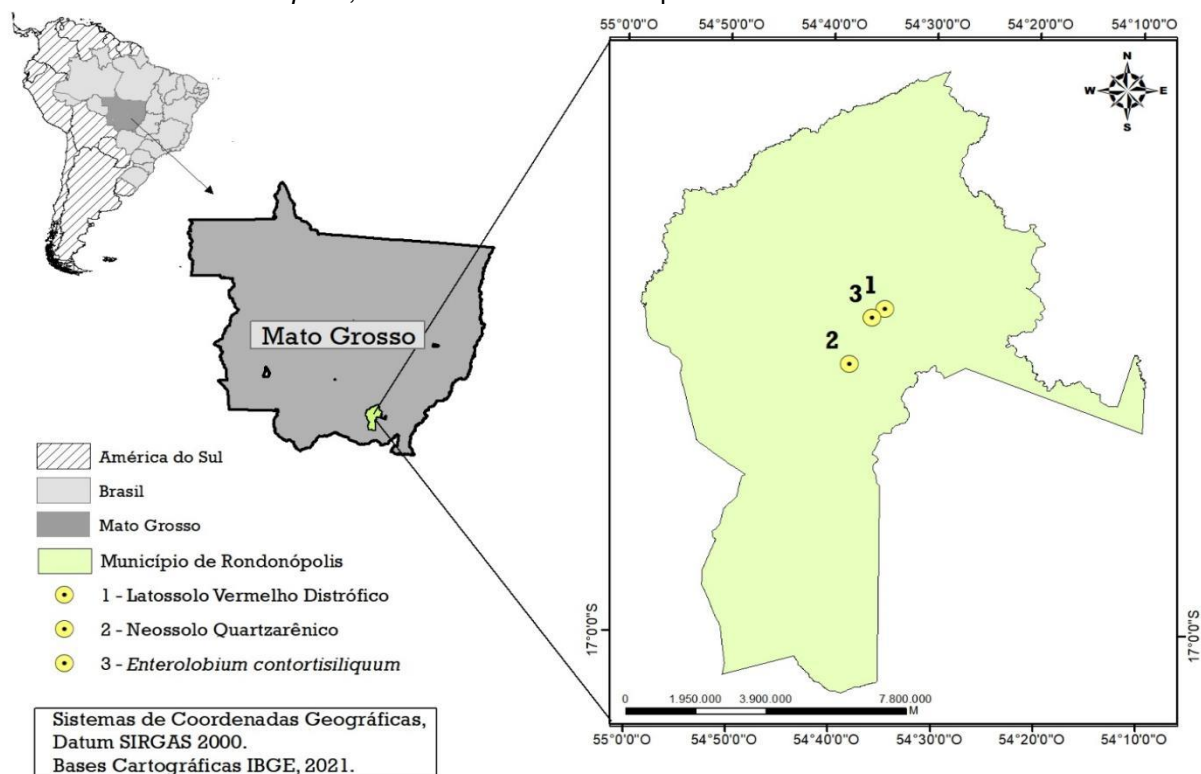
Área experimental y recolección de suelos

El experimento se llevó a cabo en un invernadero de la Universidad Federal de Rondonópolis/MT. Los suelos recolectados fueron clasificados como Neosol Cuarzorénico y Latosol Rojo Distrófico, según Embrapa (2013). Después de una limpieza superficial del área, las muestras se recogieron a una profundidad de 0-20 cm, se tamizaron y se asignaron en bolsas de plástico.

El Latosol rojo distrófico fue removido en un área experimental del Instituto de Ciencias Agrarias y Tecnológicas de la Universidad Federal de Rondonópolis, en las

coordenadas geográficas: 54°34'45" W y 16°27'48"S, a una altitud de 284m. Mientras que el Neosuelo Cuarzarénico fue recolectado en las coordenadas geográficas: 15°32'15"S y 54°11'49"W, con una altitud de 628m, en un área experimental del Instituto del Algodón de Mato Grosso (Figura 1).

Figura 1. Delimitación de las áreas de recolección de Latosol Rojo Distrófico, Neosuelo Cuarzarénico y semillas de *E. contortisiliquum*, en la ciudad de Rondonópolis-MT.



Encalado y fertilización de suelos

Se realizó un muestreo de cada suelo para evaluar la necesidad de encalado a través del análisis químico de los suelos (Tabla 1), además de determinar la capacidad de retención de humedad según la metodología descrita por Bonfim-Silva et al. (2011).

Tabla 1. Análisis químico de suelos a una profundidad de 0-20 cm.

Solamente	pH	P	K	Ca	Mg	H + Al	V	MO	CTC	SB(S)
	(CaCl ₂)	(mg dm ⁻³)			cmolc dm ⁻³		%	g dm ³	cmolc dm ⁻³	
Neosuelo	3,9	3,5	11	3	0,1	3,9	5,6	10,4	4,1	0,2
Latosolo	4,2	2,3	36	2	0,1	4,3	8,3	15,4	4,7	0,4



Los suelos se asignaron en bolsas de 5kg para la corrección de la acidez por encalado, calculadas por el método de saturación por bases y dejadas en reposo en el invernadero durante 30 días (RAIJ, 1991).

Diseño experimental

El diseño utilizado en el experimento fue completamente aleatorizado (CID), en un esquema factorial 4x2, donde 4 está relacionado con los tratamientos (tres cepas de rizobios y un control fertilizado con nitrógeno mineral), y 2 se refiere a los dos tipos de suelos utilizados (Latosol rojo distrófico, Neosol cuarzorénico). Se realizaron cuatro replicaciones totalizando 32 unidades experimentales, que fueron fertilizadas con súper fosfato simple y cloruro de potasio, con dosis de 250mg dm⁻³ y 150mg dm⁻³ respectivamente. Para el control del nitrógeno, se aplicó una dosis de 60 mg dm⁻³ de nitrógeno en forma de urea después del adelgazamiento.

Recolección y siembra de semillas

Las semillas de *E. contortisiliquum* fueron recolectadas en el municipio de Rondonópolis/MT, en las coordenadas geográficas: 16°28'45"S y 54°36'05"W, con una altitud de 253m (Figura 1). La rotura de latencia se realizó mediante escarificación mecánica e inmersión en agua durante 24 horas, según la metodología de Rodrigo & Alexandre (2009).

Se sembraron diez semillas por maceta a una profundidad de 3 cm, y después de la germinación se realizó el aclareo, dejando tres plantas en cada unidad experimental.

Inoculación de bacterias

En el laboratorio, las cepas de rizobios utilizadas fueron MT15, BR3267 y BR4406-1115, multiplicadas en medio de cultivo YMA durante 72 horas, según la metodología propuesta por Fred & Waksman (1928) y Hungría (1994). La inoculación se realizó con la ayuda de una pipeta electrónica, aplicando cerca del sistema radicular de cada planta el volumen de 5mL del caldo bacteriano que contenía 109 UFC mL⁻¹.



Variables analizadas

Las variables analizadas fueron altura de la planta, diámetro del tallo, índice de clorofila de Falker, masa seca del brote, masa seca radicular, masa seca total y volumen radicular.

Altura de la planta y diámetro del tallo

Para la altura de la planta, se realizaron cinco análisis a los 29, 36, 43, 50 y 57 días después de la siembra con la ayuda de una cinta. Los valores se obtuvieron midiendo desde la superficie del suelo hasta el extremo más alto de las plantas, y se realizaron tres evaluaciones por unidad experimental para componer una evaluación promedio.

Para los valores del diámetro del tallo, los valores se adquirieron midiendo la base del tallo 2 cm después de la superficie del suelo con la ayuda de un calibrador digital, donde también se realizaron tres evaluaciones por unidad experimental para componer la media.

Contenido de clorofila

Para el análisis del índice de clorofila se realizaron cinco evaluaciones y se obtuvo el promedio por unidad experimental, realizando una evaluación por planta. Debido a que la hoja de *E. contortisiliquum* es del tipo compuesto bipinnada, la evaluación se realizó en dos folíolos de cada planta utilizando el clorofilómetro chlorofiLOG® Falker.

Disparar masa seca, masa seca de raíz y masa seca total

Al final del experimento, se realizó un corte en la región basal de cada planta para la separación del brote y las raíces, que se lavaron en agua corriente con la ayuda de un tamiz para la eliminación del suelo. Las raíces y los brotes se identificaron y se colocaron en el invernadero de circulación de aire a una temperatura de 65 ° C durante un período de 72 horas o hasta que alcanzaron una masa seca constante. Finalmente, las muestras se pesaron con la ayuda de una balanza semianalítica.

Volumen raíz

Al final del experimento, cuando se lavaron las raíces para eliminar el exceso de tierra, se sumergieron en un vaso de precipitados con un volumen conocido de agua. La

determinación se obtuvo aumentando el volumen registrado en el tubo de ensayo, según la metodología propuesta por Tennant (1975).

Análisis estadístico

Después de la tabulación, los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza por la prueba F con 5% de probabilidad de error. Cuando se observaron diferencias significativas, la comparación entre medias se realizó mediante la prueba de Tukey con hasta un 10% de probabilidad. El software estadístico utilizado fue SISVAR, según Ferreira (2011).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de las plantas

Los datos relativos a la evaluación de la altura de la planta mostraron que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos en ambos suelos para esta variable (Tabla 2). Sin embargo, es posible observar que las plantas mostraron un buen desarrollo inicial tanto cuando se inocularon con las cepas de rizobios como cuando se fertilizaron con nitrógeno, lo que demuestra que las bacterias diazotróficas fueron eficientes para promover el crecimiento de las plantas.

Tabla 2. Altura de plantas de *E. contortisiliquum* inoculadas con cepas de rizobios en un Neosol Rojo Distrófico y Cuarzorrónico.

Tratamientos	1ª Revisión		2ª Revisión		3ª Revisión		4ª Revisión		5ª Revisión	
	Latosol	Neossolo	Latosol	Neossolo	Latosol	Neossolo	Latossolo	Neossolo	Latossolo	Neossolo
MT15	31,05 aA	29,80 aA	35,82 aA	35,67 aA	38,72 Aa	38,20 aA	40,97 aA	38,35 aA	42,22 aA	41,51 aA
BR3267	30,62 aA	31,05 aA	30,40 aA	36,32 aA	34,37 Aa	39,47 aA	37,35 aA	41,40 aA	39,85 Aa	42,90 aA
BR 4406- 1115	32,25 aA	27,75 aA	34,80 aA	33,32 aA	36,80 aA	35,30 aA	39,05 aA	39,05 aA	40,72 Aa	44,17 aA
Testemunha	31,97 aA	28,05 aA	35,27 aA	36,3 aA	36,82 aA	38,75 aA	37,70 aA	41,22 aA	38,82 aA	43,60 aA
CV (%)	18,47		13,32		12,4		10,94		9,52	

Los promedios seguidos en la misma letra minúscula en las columnas, y las mayúsculas en las filas no difieren entre sí por la prueba de Tukey con una probabilidad del 10%.

El resultado corrobora con los datos presentados por Fernandes et al. (2017), quienes al observar el crecimiento en altura de plántulas de *E. contortisiliquum*, notaron que las plantas inoculadas y fertilizadas presentaban promedios estadísticamente iguales.

Esto demuestra que la inoculación con rizobios es beneficiosa para el establecimiento y crecimiento de las plántulas de *E. contortisiliquum*. El uso de esta planta en áreas degradadas se debe a su rápido crecimiento y a la capacidad de realizar simbiosis con bacterias diazotróficas, influyendo en la mayor disponibilidad de nitrógeno y aumentando la fertilidad del suelo (HOLANDA et al., 2010; SERÍA; CAMPOLLO, 2000).

Diámetro del vástago

En cuanto al diámetro del tallo, se observó una interacción entre los factores sólo en la primera evaluación para el Neosol Cuarzaránico y la cepa BR3267 (Tabla 3). Indicando que esta cepa proporcionó un desarrollo inicial superior al de la fertilización nitrogenada, supliendo las necesidades de las plantas presentes en el Neosol Cuarzaránico.

Tabla 3. Diámetro del tallo de *E. contortisiliquum*, inoculado con cepas de rizobios en un Latosol Rojo distrófico y Neosol Cuarzorénico.

Tratamientos	1ª Revisión		2ª Revisión		3ª Revisión		4ª Revisión		5ª Revisión	
	Latosol	Neossolo	Latosol	Neossolo	Latosol	Neossolo	Latosol	Neossolo	Latosol	Neossolo
MT15	3,75 aA	3,25 aA	3,40 aA	3,45 aA	3,65 aA	3,67 aA	3,80 aA	3,87 aA	4,12 aA	3,97 aA
BR3267	3,10 aB	3,37 aA	3,35 aA	3,47 aA	3,67 aA	3,87 aA	3,77 aA	3,90 aA	3,87 aA	4,17 aA
BR 4066-1115	3,25 aA	3,10 aA	3,45 aA	3,37 aA	3,77 aA	3,90 aA	3,92 aA	4,17 aA	4,15 aA	4,35 aA
Testemunha	3,17 aA	3,17 aA	3,35 aA	3,45 aA	3,77 aA	3,82 aA	3,90 aA	9,97 aA	4,07 aA	4,22 aA
CV (%)	5,61		8,51		8,92		9,75		10,82	

Los promedios seguidos en la misma letra minúscula en las columnas, y las mayúsculas en las filas no difieren entre sí por la prueba de Tukey con una probabilidad del 5%.

Fernandes et al. (2017) demostraron que las plántulas inoculadas con cepa de rizobios tenían un diámetro mayor en comparación con las plántulas fertilizadas. Este aumento indica que la planta tiene una mejor capacidad de supervivencia y puede estar relacionado con la mejor adquisición de nitrógeno de las bacterias inoculantes.

La inoculación con cepas de rizobios proporciona una mayor resistencia a los factores abióticos que impulsan el aumento del diámetro del tallo, lo que resulta en un mayor soporte y absorción de agua por parte de las plantas, lo que aumenta su tolerancia en diversos entornos (SILVA et al., 2014).

Según Duboc (2005) *E. contortisiliquum* presenta un rápido crecimiento inicial y reducciones posteriores en las tasas de crecimiento, independientemente de la disponibilidad de nutrientes, y la eficiencia del uso de nitrógeno por parte de la planta

puede describirse como la capacidad de la planta para absorber este nutriente en la cantidad disponible en el suelo.

Por lo tanto, debido a la gran demanda de nitrógeno por parte de las especies leguminosas en la fase de muda, se deben utilizar estrategias para el suministro de este nutriente en áreas degradadas (FERNANDES et al. 2017).

Índice de clorofila de Falker

En la variable índice de clorofila, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos en ambos suelos (Tabla 4). Sin embargo, las plantas inoculadas con cepas de rizobios presentaron promedios equivalentes al control (con fertilización nitrogenada), demostrando que las bacterias diazotróficas cubrieron las necesidades de las plantas en la fase inicial de su desarrollo.

Tabla 4. Índice de clorofila en plantas de *E. contortisiliquum* inoculadas con cepa rizobia en Latosol Rojo distrófico y Neosol Cuarzorénico.

Tratamientos	1ª Revisión		2ª Revisión		3ª Revisión		4ª Revisión		5ª Revisión	
	Latosol	Neossolo	Latosol	Neossolo	Latosol	Neossolo	Latossolo	Neossolo	Latossolo	Neossolo
MT15	25,20 aA	22,57 aA	20,65 aA	25,22 Aa	22,65 aA	31,20 aA	25,57 aA	26,70 aA	31,67 aA	26,70 aA
BR3267	27,15 aA	21,92 aA	30,85 aA	26,57 aA	26,10 aA	24,80 aA	31,92 aA	27,07 aA	31,75 aA	27,35 aA
BR 4066- 1115	24,30 aA	24,22 aA	25,42 aA	22,25 aA	24,27 aA	24,10 aA	32,27 aA	29,30 aA	27,62 aA	30,15 aA
Testemunha	26,37 aA	22,65 aA	27,15 aA	24,20 aA	26,30 aA	31,22 aA	32,15 aA	32,87 aA	30,80 aA	27,42 aA
CV (%)	16,91		21,39		27,64		22,35		19,33	

Los promedios seguidos en la misma letra minúscula en las columnas, y las mayúsculas en las filas no difieren entre sí por la prueba de Tukey con una probabilidad del 5%.

Los valores de este análisis son reflejos de una mayor eficiencia en la captura de energía radiante y su conversión en energía química (Barros et al., 2019). Las clorofilas son los pigmentos biológicos fotosintéticos más abundantes en la Tierra y son de ocurrencia generalizada en todas las plantas, donde juegan un papel clave en el proceso de bioconversión energética (Barros et al., 2019; Kluge et al., 2015).

Este resultado es similar al de Bastos (2016), al evaluar el desarrollo de *Phaseolus vulgaris* inoculado con *Rhizobium tropici*, *Bradyrhizobium diazoefficiens* y *Azospirillum amazonense*. En términos de índice de clorofila, se encontró que la inoculación con bacterias diazotróficas proporcionó valores comparables a los obtenidos por fertilización nitrogenada.

Según Rego y Possamai (2006), el análisis del índice de clorofila es ampliamente utilizado para estimar el potencial fotosintético de la planta y, en consecuencia, la transferencia de energía para su desarrollo en diversas condiciones. Llevar

Dispara masa seca y masa seca total

Al presentar los datos referentes a la evaluación de la masa seca del brote y la masa seca total, la tabla 5 muestra que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos en ambos suelos para estas variables. Por lo tanto, esto indica que las cepas proporcionaron un desarrollo similar a la fertilización nitrogenada, supliendo parte de las necesidades de las plantas en esta fase inicial de desarrollo vegetativo.

Tabla 5. Brote de masa seca y masa seca total de *E. contortisiliquum*, inoculada con cepa rizobia en Latosol Rojo distrófico y Neosol Cuarzorénico.

Tratamientos	Dispara masa seca		Masa seca total	
	Latosol	Neossolo	Latossolo	Neossolo
MT15	5,50 aA	5,75 aA	8,00 aA	8,75 aA
BR3267	5,75 aA	7,50 aA	10,25 aA	12,50 aA
BR4406-1115	6,50 aA	7,00 aA	10,00 aA	10,25 aA
Testemunha	6,75 aA	7,00 aA	10,25 aA	10,00 aA
CV (%)	9,99		10,71	

Los promedios seguidos en la misma letra minúscula en las columnas, y las mayúsculas en las filas no difieren entre sí por la prueba de Tukey con una probabilidad del 10%.

En relación con la masa seca del brote, según Morgado et al., (2000), esto se considera una indicación de la capacidad de resistencia de la planta a las condiciones adversas del ambiente.

La mayor masa seca de la parte aérea puede convertirse en un reservorio temporal de asimilados translocados y asignados para la formación de hojas, aumentando el área de captación de energía y contribuyendo a la elevación de la masa seca total (MARENCO; Lopes, 2005).

Los resultados encontrados en este estudio corroboran los estudios desarrollados por Bárbaro et al. (2009), que no influyeron en el desarrollo de la masa seca del brote, la raíz y la nodulación en las plantas de soja. Aún así, Silva et al. (2002) mostraron diferentes respuestas, donde las bacterias indujeron un mejor crecimiento de las plántulas de *E. contortisiliquum*.

Masa seca y volumen radicular

En cuanto a la masa seca de las raíces, hubo una diferencia estadística entre los tratamientos, donde el estipe BR3267 presentó un promedio más alto en ambos suelos con respecto a las otras cepas. Y para la evaluación del volumen radicular, se observó una diferencia entre los tratamientos para el Neosuelo Cuarzarénico, donde la cepa MT15 mostró un mejor desarrollo del sistema radicular (Tabla 6).

Tabla 6. Volumen y masa seca de las raíces de *E. contortisiliquum*, inoculadas con cepa rizobia en Latosol Rojo distrófico y Neosol Cuarzorénico.

Tratamientos	Masa seca de raíces		Volumen	
	Latosol	Neossolo	Latosol	Neossolo
MT15	2,50 bA	3,00 bA	10,50 aA	18,75 aB
BR3267	4,50 aA	5,00 aA	18,25 aA	19,25 aA
BR4406-1115	3,50 bA	3,25 bA	14,25 aA	24,25 aA
Testemunha	3,50 bA	3,00 bA	17,00 aA	20,75 aA
CV (%)	14,07		17,56	

Los promedios seguidos en la misma letra minúscula en las columnas, y las mayúsculas en las filas no difieren entre sí por la prueba de Tukey con una probabilidad del 5%.

Resultados similares fueron observados por Araújo et al. (2010) al estudiar inóculos de rizobios en plántulas de Leucena y caupí, donde la materia seca de las raíces de ambas especies aumentó con la inoculación.

Las raíces con mayor materia seca tienden a presentar un mayor número de ápices radiculares, región de la raíz que tiene más eficiencia en la absorción y transporte de agua y nutrientes y, principalmente, en la producción de fitohormonas (REIS et al., 1989; GUIMARAES Y BONFIM-SILVA, 2022).

4 CONCLUSIÓN

La inoculación de bacterias diazotróficas influyó en el desarrollo inicial de *E. contortisiliquum* en suelos de Rondonópolis/MT, especialmente el Neosuelo Cuarzorénico, además de suplir parcialmente las necesidades de nitrógeno de las plantas durante su desarrollo inicial.

REFERENCIAS

- ARAÚJO, A. S. F. I. et al. Coinoculação rizóbio e *Bacillus subtilis* em feijão-caupi e leucena: efeito sobre a nodulação, a fixação de N₂ e o crescimento das plantas. **Ciência Rural**, vol. 40, n. 1, 2010.
- BÁRBARO, I. M. et al. Produtividade de soja em respostas á inoculação padrão e co-inoculação. **Colloquium Agrariae**, v. 5, n.1, p. 1-7, 2009.
- BARROS A. C. V.; ARAÚJO, T. V. M.; LIMA, R. A. Uma Abordagem Interdisciplinar Sobre O Estudo Da Fotossíntese. **Revista Ensino de Ciências e Humanidades-Cidadania, Diversidade e Bem-estar-RECH**, v.5, p. 426-445, 2019.
- BASTOS, R. A. **Co-inoculação de rizóbio e bactérias promotoras de crescimento vegetal em feijoeiro comum**. 101f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ, 2016.
- BONFIM-SILVA, E. M. et al. Desenvolvimento inicial de gramíneas submetidas ao estresse hídrico. **Revista Caatinga**, v. 24, p. 180-186, 2011.
- CUNHA, N. R. S. et al. A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, **RER**, Piracicaba, SP, vol. 46, n. 02, p. 291-323, 2008.
- DUBOC, E. **Desenvolvimento inicial e nutrição de espécies arbóreas nativas sob fertilização, em plantios de recuperação de cerrado degradado**. 151p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa 2013.
- FARIA, S.M.; CAMPELLO, E.F.C. **Algumas espécies de leguminosas fixadoras de nitrogênio recomendadas para regeneração de áreas degradada**. Embrapa, Seropédica CNPAB, Série Técnica, 7, 2000.
- FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R.; SANTOS, L. A. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa-MG: 570p., 2017.
- FRED, E.B; WASKMAN, S.A. Yeast extract-mannitol agar for laboratory. **Manual of general microbiology**. New York: McGraw Hill, 1928. 145p
- GOTELIP, G. **Recuperação De Áreas Degradadas Na Agropecuária**. 2021.
- GUIMARAES, S. L.; BONFIM-SILVA, E. M. Micro-organismos que habitam raízes: peças-chave para a sustentabilidade dos Agroecossistemas. In: Edna Maria Bonfim-Silva. (Org.). **Raiz: Componente Oculto da Planta**. 1ed., v.1, p. 67-83, 2022.
- HOLANDA, F. S. R. et al. Crescimento inicial de espécies florestais na recomposição da mata ciliar em taludes submetidos à técnica da bioengenharia de solos. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 1, p. 157-166, 2010.
- HUNGRIA, M. Coleta de Nódulos e Isolamento de Rizóbios. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. (Ed). **Manual de Métodos Empregados em estudos de Microbiologia Agrícola**. EMBRAPA: Brasília, p. 157-170, 1994.

KLUGE, R. A. et al. Aspectos fisiológicos e ambientais da fotossíntese. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 56-73, 2015.

MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia vegetal: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal Viçosa, 2005. 451p.

MOREIRA, F.M.S. & SIQUEIRA, J.O. (2006) – **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2ª edição, Lavras, editora UFLA, 729 p.

MOREIRA, F.M.S. et al. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, vol. 1, n. 2, p. 74-99, 2010.

MORGADO, I.F. et al. Resíduos agroindustriais prensados como substrato para a produção de mudas de cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, v.57, n.4, p.709-712, 2000

NOGUEIRA, N.O. et al. Utilização De Leguminosas Para Recuperação De Áreas Degradadas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.8, N.14, p. 2121-231, 2012

OJEDA, A. A. et al. Potencial Uso De Leguminosas Forrageiras Em Áreas De Pastagens Degradadas. **Revista Magsul de Agronomia**, pg. 1-13, 2022.

RAIJ, B. VAN. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafós, 343 p, 1991.

REGO, G. M.; POSSAMAI, E. Efeito do sombreamento sobre o Teor de Clorofila e Crescimento Inicial do Jequitibá-rosa. **Boletim Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 53, p. 179- 194, 2006.

REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; MAESTRI, M. Crescimento de *Eucalyptus camaldulensis*, *E. grandis* e *E. cloeziana* sob diferentes níveis de restrição radicular. **Revista Árvore**, v.13, n.1, p.1-18, 1989.

SILVA, L. R. et al. Eficiência da associação simbiótica de bradyrhizobium para o crescimento da crotalária (*Crotalaria júncea*). **Revista Fafibe On-Line**, v. 7, n. 1, p. 61-74, 2014.

SILVA, M. O. et al. Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 6853-6875, 2021.

TENNANT, D. A. Test of a modified hen intersects method of estimating root length. **Journal of Ecology**, 63:995- 1001, 1975.

WADT, P. G. S. et al. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 29p., 2003.