

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE  
ECOSSISTEMAS**

**USO ATUAL, ADUBAÇÃO E INOCULAÇÃO NO CRESCIMENTO  
INICIAL DE *Dalbergia nigra* (VELL.) ALLEMÃO EX BENTH EM  
LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO**

**KAROLINA OLIVEIRA ROCHA MONTENEGRO**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA**

**MAIO - 2021**

**USO ATUAL, ADUBAÇÃO E INOCULAÇÃO NO CRESCIMENTO  
INICIAL DE *Dalbergia nigra* (VELL.) ALLEMÃO EX BENTH EM  
LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO**

**KAROLINA OLIVEIRA ROCHA MONTENEGRO**

Engenheira Florestal

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2018

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rafaela Simão Abrahão Nobrega

**Coorientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Aparecida Soares De Freitas

**Coorientador:** Prof. Dr. Elton da Silva Leite

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA**

**MAIO - 2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

M777u	<p>Montenegro, Karolina Oliveira Rocha.</p> <p>Uso atual, adubação e inoculação no crescimento inicial de <i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão Ex Benth em Latossolo amarelo distrocoeso / Karolina Oliveira Rocha Montenegro. Cruz das Almas, Bahia, 2021. 39f.; il.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Mestrado em Solos e Qualidade de Ecossistemas.</p> <p>Orientadora: Rafaela Simão Abrahão Nóbrega. Coorientadora: Teresa Aparecida Soares de Freitas. Coorientador: Elton da Silva Leite</p> <p>1.Jacarandá – Solo – Adubação. 2.Jacarandá – Inoculação – Crescimento. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p>
	CDD: 631.8

Ficha elaborada pela Biblioteca Central de Cruz das Almas - UFRB.  
Responsável pela Elaboração - Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).  
(os dados para catalogação foram enviados pela usuária via formulário eletrônico).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOLOS E QUALIDADE DE  
ECOSSISTEMAS**

**USO ATUAL, ADUBAÇÃO E INOCULAÇÃO NO CRESCIMENTO INICIAL DE  
*Dalbergia nigra* (VELL.) ALLEMÃO EX BENTH EM LATOSSOLO AMARELO  
DISTRÓCOESO**

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE KAROLINA  
OLIVEIRA ROCHA MONTENEGRO



---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rafaela Simão Abrahão Nóbrega (Orientadora)  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB



---

Prof. Dr. Julian Junio de Jesús Lacerda  
Universidade Federal do Piauí – UFPI



---

Dr. José Ferreira Lustosa Filho  
Universidade Federal de Viçosa – UFV

Dissertação homologada pelo Colegiado do curso de mestrado em Solos e  
Qualidade de Ecossistemas em \_\_\_\_\_, conferindo o Grau de  
Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas em  
\_\_\_\_\_.

A minha mãe Dilma e minha vó Maria Eunice pelo apoio incondicional, otimismo, incentivo e principalmente por sempre acreditarem na minha capacidade.

DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pela saúde e pela força para superar todas as dificuldades enfrentadas, principalmente durante neste período pandêmico.

À minha família pelo apoio e compreensão em todo o momento nesta fase da minha vida.

Ao Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rafaela Simão Abrahão Nóbrega pela dedicação e orientação durante o desenvolvimento desta pesquisa, não deixando faltar em nada o seu papel como orientadora.

Aos professores Doutores Teresa Aparecida Soares de Freitas, Elton da Silva Leite, Julian Junio de Jesús Lacerda e Júlio César Azevedo Nóbrega pelas contribuições concedidas a este trabalho.

Aos profissionais da Fazenda Experimental e a Cyndi Pinho e Caliane Braulio, que me auxiliaram no desenvolvimento desta pesquisa.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Qualidade de Ecossistemas, pela oportunidade de adquirir conhecimentos que me proporcionarão conquistar a vida profissional.

A FAPESB - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia pela concessão da bolsa de estudo tornando possível a realização deste trabalho.

Aos colegas da SEAMA, Leone Ricardo, Gessica Coelho e Kely Patrícia por todo apoio e preocupação nessa fase final.

As amigas de longa jornada Anna Campos, Raissa Gonçalves e Laiana Trindade que estiveram sempre ao meu lado, por todo apoio, cumplicidade e amizade, bem como aos demais nobres colegas da pós-graduação, por compartilharmos momentos inesquecíveis e de muito aprendizado.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste estudo.

**Muito Obrigada!**

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURA .....	8
LISTA DE TABELAS .....	9
RESUMO GERAL .....	10
ABSTRACT.....	11
1. INTRODUÇÃO .....	12
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3. RESULTADOS .....	21
4. DISCUSSÃO .....	29
5. CONCLUSÕES .....	32
6. REFERÊNCIAS .....	33

## LISTA DE FIGURA

**Figura 1** – A: Georreferenciamento das áreas de coleta das amostras de solo para cultivo das mudas de *Dalbergia nigra*. B: Esquema de coleta das amostras de solo.

**Figura 2** – Médias ( $\pm$ DP) para altura e diâmetro do coleto das mudas de *Dalbergia nigra* cultivadas em substratos provenientes de diferentes sistemas de uso atual do solo, tipos de adubação e inoculação. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, letras minúsculas indicam diferenças entre os tipos de adubação e letras maiúsculas indicam diferenças entre os sistemas de uso do solo pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade. MT – Fragmento de mata nativa; PA – Pastagem; AN – Plantio de angico; MD – Monocultura de mandioca; EU – Plantio de Eucalipto.

**Figura 3** – Médias ( $\pm$ DP) para massa seca da parte aérea e massa seca de raiz das mudas de *Dalbergia nigra* cultivadas em substratos provenientes de diferentes sistemas de uso atual do solo, tipos de adubação e inoculação. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, letras minúsculas indicam diferenças entre os tipos de adubação e letras maiúsculas indicam diferenças entre os sistemas de uso do solo pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade. MT – Fragmento de mata nativa; PA – Pastagem; AN – Plantio de angico; MD – Monocultura de mandioca; EU – Plantio de Eucalipto.

**Figura 4** – Médias ( $\pm$ DP) para massa seca total e índice de qualidade de Dickson das mudas de *Dalbergia nigra* cultivadas em substratos provenientes de diferentes sistemas de uso atual do solo, tipos de adubação e inoculação. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, letras minúsculas indicam diferenças entre os tipos de adubação e letras maiúsculas indicam diferenças entre os sistemas de uso do solo pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade. MT – Fragmento de mata nativa; PA – Pastagem; AN – Plantio de angico; MD – Monocultura de mandioca; EU – Plantio de Eucalipto.

**Figura 5** – Análise dos componentes principais das variáveis morfológicas das mudas de *Dalbergia nigra* e dos sistemas de uso atual do solo (SIST). AN: Plantio de Angico; EU: Floresta de Eucalipto; MD: Monocultivo de Mandioca; MT: Fragmento de Mata nativa. H: altura; DC: diâmetro coleto; MSPA: matéria seca da parte aérea; MSR: matéria seca das raízes; MST: matéria seca; CR: comprimento radicular; H\_DC: relação altura/diâmetro do coleto; MSPA\_MSR: relação matéria seca da parte aérea/matéria seca das raízes e IQD: índice de qualidade de Dickson.

**Figura 6** – Análise dos componentes principais dos atributos químicos do solo e dos sistemas de uso atual do solo (SIST). AN: Plantio de Angico; EU: Floresta de Eucalipto; MD: Monocultivo de Mandioca; MT: Fragmento de Mata nativa; PA: Pastagem. pH: potencial hidrogeniônico; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; t: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; MO: matéria orgânica e V: saturação por base.



## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1** – Caracterização química e textura do solo nas diferentes áreas estudadas.

**Tabela 2** – Resumo do quadro de análise de variância para o crescimento inicial de *Dalbergia nigra* cultivadas em substratos oriundos de sistemas de uso atual do solo, tipos de adubação e inoculação, aos 120 dias após a semeadura.

**Tabela 3** – Comprimento de raiz (CR) e relação matéria seca parte aérea e matéria seca da raiz (MSPA/MSR) de mudas de *Dalbergia nigra* cultivadas em solos de diferentes sistemas de uso atual do solo, tipos de adubação e inoculação.

**Tabela 4** – Correlação das variáveis independentes relacionadas aos aspectos morfológicos das mudas de *Dalbergia nigra* com o Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

**Tabela 5** – Correlação entre as variáveis independentes relacionadas aos aspectos morfológicos das mudas de *Dalbergia nigra* com cada componente principal.

**Tabela 6** – Correlação entre as variáveis independentes relacionadas aos atributos químicos do solo com cada componente principal.

## USO ATUAL, ADUBAÇÃO E INOCULAÇÃO NO CRESCIMENTO INICIAL DE *Dalbergia nigra* (VELL.) ALLEMÃO EX BENTH EM LATOSSOLO AMARELO DISTROCOESO

Autora: Karolina Oliveira Rocha Montenegro

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rafaela Simão Abrahão Nobrega

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Aparecida Soares de Freitas

Coorientador: Prof. Dr. Elton da Silva Leite

### RESUMO GERAL

Diante da importância da inoculação na sustentabilidade agroecológica, com a redução dos fertilizantes nitrogenados, bem como, a influência dos fatores edáficos na promoção de crescimento e nutrição de plantas, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a eficiência no uso da técnica de inoculação no crescimento inicial de *Dalbergia nigra*, quando cultivadas em diferentes sistemas de uso atual dos solos. O estudo foi desenvolvido na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no município de Cruz das Almas em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), no esquema fatorial 5 x 6 (uso atual do solo x adubação). As amostras de LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso utilizadas para produção das mudas foram coletadas em áreas classificadas quanto ao uso atual do solo em: Fragmento de mata nativa; pastagem; plantio de angico (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.); monocultivo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e floresta de eucalipto (*Eucalyptus* spp). Solução nutritiva e inoculantes foram utilizadas como fontes de adubação. Ao final de 120 dias após a semeadura, foram mensuradas variáveis morfológicas e suas relações, bem como o índice de qualidade de Dickson (IQD). Com base no IQD, o inoculante autorizado no Brasil, a estirpe BR 8404 (*Bradyrhizobium elkani*), pode substituir o uso de adubo mineral nitrogenado para cultivo de mudas de *Dalbergia nigra*, exceto para cultivo em solo de pastagem nas condições desse estudo. O solo proveniente de plantio de Angico foi o que promoveu melhores respostas sob as variáveis analisadas, sugerindo que esse sistema de uso do solo é o mais adequado para o crescimento inicial de mudas de *Dalbergia nigra*.

**Palavras chave:** silvicultura sustentável; índice de qualidade de Dickson; inoculação

## **CURRENT USE, FERTILIZATION AND INOCULATION IN THE INITIAL GROWTH OF *Dalbergia nigra* (VELL.) ALLEMÃO EX BENTH IN DISTROCOHESIVE YELLOW LATOSOL**

Author: Karolina Oliveira Rocha Montenegro

Adviser: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rafaela Simão Abrahão Nobrega

Co-Adviser: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Aparecida Soares de Freitas

Co-Adviser: Prof. Dr. Elton da Silva Leite

### **ABSTRACT**

Given the importance of inoculation in agroecological sustainability with the reduction of nitrogen fertilizers, as well as the influence of edaphic factors in promoting plant growth and nutrition, the aim of this work was to evaluate the efficiency of using the inoculation technique in initial growth of *Dalbergia nigra*, when cultivated in different systems of land current use. The study was carried out at the Federal University of Recôncavo da Bahia, in the city of Cruz das Almas, in a completely randomized experimental design (DIC), in a 5 x 6 factorial scheme (current use of soil x fertilization). Samples of dystrocohesive yellow latosol used for the production of seedlings were collected in areas classified according to current land use in: Fragment of native forest; pasture; angico planting (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.); cassava monoculture (*Manihot esculenta* Crantz) and eucalyptus forest (*Eucalyptus* spp). Nutrient solution and inoculants were used as fertilizer sources. At the end of 120 days after sowing, morphological variables and their relationships were measured, as well as the Dickson quality index (IQD). Based on the IQD, the inoculant authorized in Brazil, strain BR 8404 (*Bradyrhizobium elkanii*), can replace the use of nitrogenous mineral fertilizer for cultivation of *Dalbergia nigra* seedlings, except for cultivation in pasture soil under the conditions of this study. The soil from Angico planting was the one that promoted the best responses under the analyzed variables, suggesting that this land use system is the most suitable for the initial growth of *Dalbergia nigra* seedlings.

**Keywords:** sustainable forestry; Dickson quality index; inoculation.

## 1. INTRODUÇÃO

O uso intensivo do solo tem ocasionado perda da fertilidade de terras cultiváveis, e conseqüentemente impacto ambiental e redução da biodiversidade, com isso, há uma preocupação mundial na manutenção dos serviços ambientais e produção sustentável (Salton et al., 2013; Cordeiro et al., 2017; Rayol e Rayol, 2020). O termo silvicultura sustentável, relaciona-se ao uso de técnicas para obtenção de benefícios ecológicos, econômicos e sociais em manejo de povoamentos florestais (Kilgore et al., 2007). Pesquisadores buscam alternativas de manejo que possam assegurar a sustentabilidade na aplicabilidade de uma gestão intensiva de plantios florestais, principalmente quanto às elevadas adições de fertilizantes (Rubilar et al., 2018).

A produção de mudas de espécies florestais tem se tornado uma técnica muito utilizada nos projetos de silvicultura com intuito de regenerar e melhorar o povoamento florestal, além de serem utilizadas na recuperação de áreas degradadas e arborização urbana (Freitas et al., 2012; Ferreira et al., 2015; Rodrigues et al., 2019), especificamente as leguminosas arbóreas que além de associar-se à bactérias fixadoras de nitrogênio (Pereira e Rodrigues, 2012), proporcionam acúmulo de nutrientes, melhoria das condições de fertilidade do solo (Salmi et al., 2013; Almeida et al., 2016) e reposição da cobertura do solo com biomassa vegetal (Lima et al., 2011).

Para a produção de mudas de qualidade é fundamental fornecer condições necessárias para seu desenvolvimento, como água, nutrientes, luz e temperatura, que influenciarão diretamente a taxa de sobrevivência das plantas em campo. A deficiência de N é um dos fatores que limita o crescimento da planta (Marschner, 2012), diminui a taxa da fotossíntese (Taiz e Zeiger, 2013), e conseqüentemente, reduz as concentrações de clorofila e enzima rubisco nas folhas (Martinez et al., 2015).

Os fertilizantes minerais nitrogenados são a fonte mais usual do suprimento do N, no entanto têm provocado aumento crescente nos custos de produção, além de causar danos ambientais (Matoso et al., 2016). Estima-se que apenas 50% do fertilizante nitrogenado de alta solubilidade aplicado é usado pela planta, essas perdas estão relacionadas aos processos de lixiviação e desnitrificação que ocorrem no ciclo do N (Dobbelaere e Croonenborghs, 2002). A baixa

eficiência de uso desses fertilizantes promove não apenas as perdas econômicas que devem ser levadas em consideração, mas também a contaminação da água devido ao aumento de  $\text{NO}_3^-$ , propiciando tanto a eutrofização de corpos d'água quanto o desenvolvimento de bactérias prejudiciais à saúde dos seres humanos (Barbosa et al., 2012).

A sustentabilidade da exploração dos recursos naturais é um dos grandes desafios da agricultura moderna, sendo que o uso de microrganismos vem sendo destacado como uma alternativa para a redução do uso de insumos no incremento da produção agrícola, de modo que, um dos casos mais eminentes na agricultura sustentável destaque-se como fixação biológica do nitrogênio (FBN) (Hungria, 2011).

A FBN contribui de forma sustentável com o enriquecimento da fertilidade do solo, podendo substituir parcial ou totalmente o uso de fertilizantes nitrogenados em cultivos de arbóreas (Maia e Scotti, 2010; Sousa et al., 2013; Fernandes et al., 2017), minimizando possíveis impactos ambientais em decorrência da utilização desses insumos assim como sua dependência. Esse procedimento natural é dependente de microrganismos em simbiose ou associação com plantas (Vinhai-Freitas e Rodrigues, 2010), realizado por um grupo específico de bactérias simbióticas, denominadas diazotróficas, conhecidas vulgarmente como rizóbios.

As bactérias diazotróficas são conhecidas por serem promotoras de crescimento, pois auxiliam no suprimento do elemento mais requerido pelas plantas, o N. A FBN é um processo bastante expandido e reconhecido em espécies leguminosas (EMBRAPA, 2013). O processo de FBN ocorre a partir da simbiose entre as raízes das plantas e bactérias fixadoras de N e consiste na transformação do  $\text{N}_2$  atmosférico em  $\text{NH}_3$  (amônia) (Taiz e Zeiger, 2013), sendo este processo considerado como a principal via de adição de N no sistema solo-planta (Moreira e Siqueira, 2006), o que atribui a algumas espécies de leguminosas uma vantagem competitiva quanto à aquisição desse nutriente.

*Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth, conhecida como jacarandá-da-bahia ou jacarandá-caviúna é uma leguminosa arbórea endêmica do Brasil, de ocorrência confirmada em alguns estados do Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil, principalmente em domínio fitogeográfico da Mata Atlântica (Lima, 2015). Apesar de se apresentar amplamente distribuída no país, *Dalbergia nigra* é considerada

rara em floresta primária. Estima-se em torno de 28 indivíduos ha<sup>-1</sup>, sendo frequentemente encontrada em áreas com algum nível de perturbação (Martinelli e Moraes, 2013).

Sua madeira de alta qualidade em termos de durabilidade, manipulação e comercialização, atribui a *Dalbergia nigra* como a melhor madeira brasileira para construção civil, fabricação de móveis finos e instrumentos musicais (Martinelli e Moraes, 2013; Rolim e Piotto, 2018). Com isso, a exploração ilegal e desordenada de *Dalbergia nigra*, principalmente de raros indivíduos de grande porte remanescentes em áreas de floresta primária, acarretou sua inclusão na lista de espécies da flora brasileira com risco de extinção, classificada na categoria de ameaça como vulnerável (Guedes et al., 2011; Martinelli e Moraes, 2013; Brasil, 2014; Leite et al., 2014; Regnier, 2019).

Em virtude da sua alta capacidade de regeneração, crescimento de moderado a rápido e facilidade de adaptação em solos de baixa fertilidade, o jacarandá-da-bahia torna-se uma espécie com grande potencial no uso do manejo sustentável de florestas (Reis et al., 2012; Gonçalves et al., 2014; Matos et al., 2015, Lorenzi. 2016).

Assim, para projetos visando a recuperação de áreas degradadas à inserção de espécies da família Fabaceae é fundamental, pois através da inoculação com bactérias diazotróficas selecionadas pode minimizar o uso de insumos externos (Maia e Scotti, 2010; Tavares et al., 2016). A inoculação consiste no processo por meio do qual os microrganismos benéficos às plantas, selecionados pela pesquisa, são adicionados às sementes das plantas antes da semeadura. Fernandes et al. (2017) observaram em condições de campo que *Bradyrhizobium elkanii* proporcionou as mudas de *Enterolobium contortisiliquum* maior potencial de sobrevivência e crescimento no pós-plantio. Em *Mimosa caesalpiniaefolia*, Tavares et al. (2016) verificaram que o rizóbio proporcionou o crescimento das mudas em áreas degradadas.

Além disso, a interação entre plantas e bactérias através da técnica de inoculação pode promover melhor desenvolvimento das mudas em viveiro e em campo (Ferreira et al., 2015; Rodrigues et al., 2019). A inoculação de bactérias promotoras do crescimento representa grande potencial biotecnológico para uso em leguminosas arbóreas, por reduzir o custo de alguns fertilizantes minerais, uma vez que promovem a adição de nitrogênio ao sistema solo-planta e melhora

as condições nutricionais da planta (Vieira e Souza, 2011, Nogueira et al., 2012; Braulio et al., 2019), aumentando a probabilidade do estabelecimento e sucessão da mesma em campo, além das possibilidades de sucesso em projetos de silvicultura sustentável (Fernandes et al., 2017).

Ainda que as espécies de leguminosas apresentem potencial para incorporação de  $N_2$  nos solos, a eficiência desse processo depende de outros fatores, como condições edáfoclimáticas, histórico de uso do solo, entre outros, influenciando diretamente nas comunidades nativas de bactérias responsáveis por esse processo (Souza et al., 2007; De Jesus et al., 2017; Rocha et al., 2017), as quais, além de apresentarem uma rica diversidade biológica, as comunidades microbianas que habitam esses solos são capazes de construir estratégias de sobrevivência diante de condições de estresses bióticos e abióticos, para a preservação dos sistemas ecológicos nos biomas (Silva et al., 2010), sendo a planta um fator biótico que colabora para a seleção das bactérias predominantes através dos seus exsudatos, onde essas interações da planta com as bactérias também podem transformar sua exsudação e toda essa variação, refletindo diretamente no desenvolvimento da própria planta (Vacheron et al., 2013). Em relação aos estresses abióticos, as bactérias são capazes de metabolizar distintas fontes de carbono e exibir tolerância a outros antibióticos, que podem ser desenvolvidos por outros microrganismos do solo (Fernandes Júnior et al., 2012).

Portanto, a determinação dos fatores que influenciam as comunidades bacterianas, e a manutenção da diversidade microbiana no solo agregada com maior produtividade, são preocupações favoráveis para o aumento da sustentabilidade da produção agrícola (Ding et al., 2013). Logo, os microrganismos podem ser empregados como respectivos bioindicadores da qualidade do solo sendo influenciados pelos fatores bióticos e abióticos (Chávez et al., 2011).

Considerando a importância da inoculação na sustentabilidade agroecológica, com a redução dos fertilizantes nitrogenados, bem como, a influência dos fatores edáficos na promoção de crescimento e nutrição de plantas, verifica-se potencial no desenvolvimento de estudos, justificando-se pela escassez de pesquisas voltadas para influência desses fatores e inoculação no crescimento inicial de leguminosa arbórea. Com a hipótese de que sistemas

de uso do solo influenciam o crescimento e a resposta a inoculação de *Dalbergia nigra* Allemão ex Benth, objetivou-se com o presente trabalho avaliar a eficiência no uso da técnica de inoculação na qualidade de mudas de *Dalbergia nigra*, quando cultivadas sob diferentes sistemas de uso atual do solo e tipos de adubação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em casa de vegetação com sombrite de 50% localizada nas coordenadas 12°39'24.8" latitude Sul e 39°04'55.8" de longitude Oeste, altitude média de 215 m (INMET, 2020), no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, Cruz das Almas, Bahia.

As amostras de solo para o cultivo das mudas foram coletas da camada de 0,0-0,20 m em cinco áreas amostrais, classificados quanto ao sistema de uso atual do solo (Quadro 1). O solo foi classificado como LATOSSOLO AMARELO Distrocoeso. O período em que foi realizada a coleta e condução do experimento é considerado seco na região, e obteve pluviosidade média no mês de coleta de 52,2 mm (INMET, 2020).

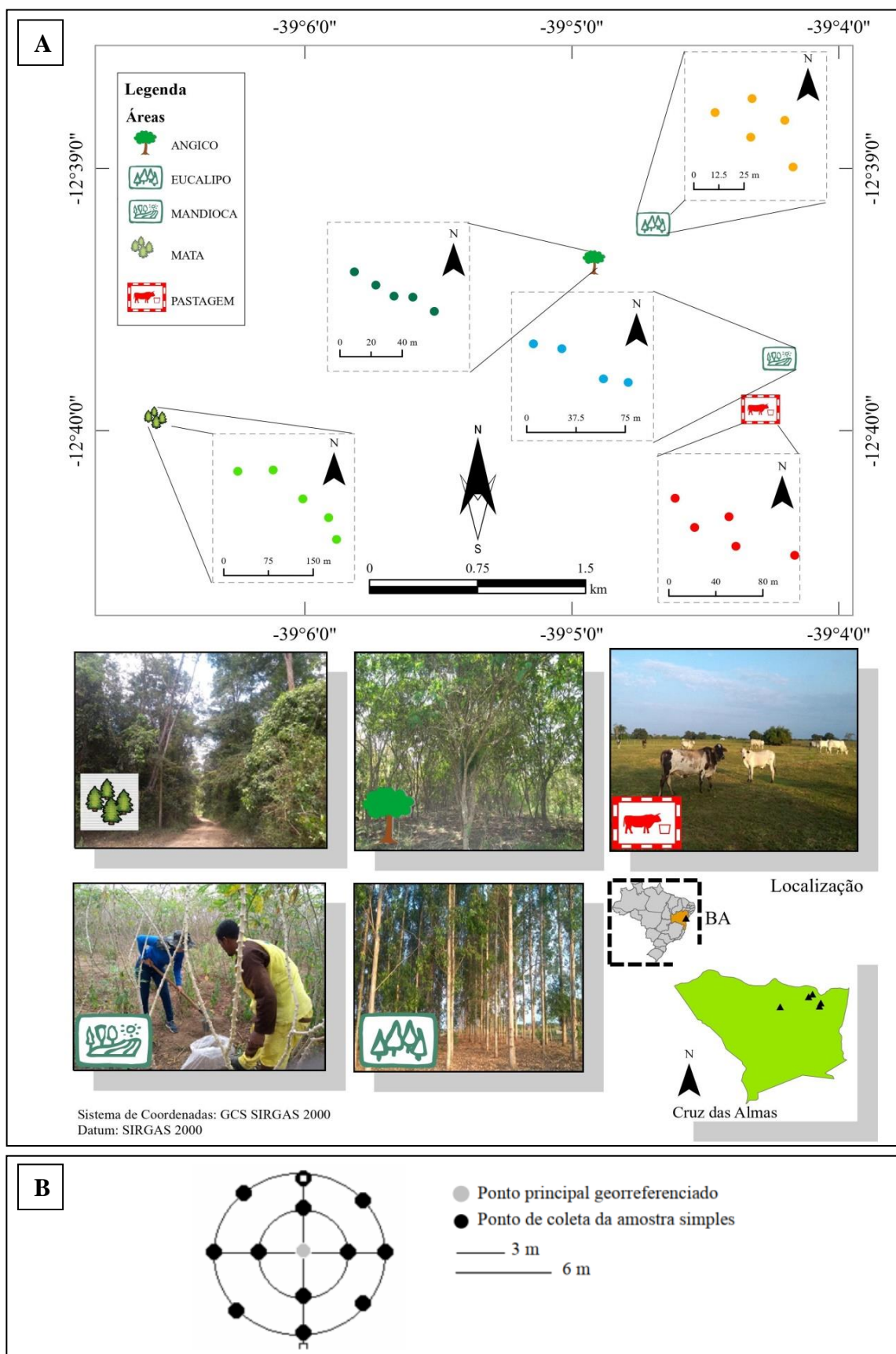
**Quadro 1** – Histórico e localização geográfica das áreas sob diferentes sistemas de uso atual do solo.

Uso do solo	Histórico das áreas	Coordenadas geográficas
Monocultura de Mandioca (MD)	Cultivo agrícola anual de mandioca ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz) implantada sob preparo convencional.	12°39'43.9"S 39°04'12.2"W
Fagmento de mata nativa (MT)	Fragmento remanescente urbano de mata atlântica localizado no município de Cruz das Almas e denominado Mata de Cazuzinha. Este fragmento ocupa uma área totalizada em 13,6808 ha e encontra-se em um nível baixo de conservação, em seus limites existe forte presença de plantas secundárias, terciárias e plantas exóticas. Apresenta interferência antrópica e efeito de bordadura (NEVES, 2014).	12°39'58.7"S 39°06'25.0"W



Pastagem (PA)	Até 2009 - Pastagem de capim <i>Brachiaria</i> em estado de degradação, muita invasora e área descoberta; 2009 - 2010: plantio de sorgo forrageiro para silagem; 2010 - 2011: renovação espontânea da pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i> ; 2011 - 2015: formação do pasto com pastagem de <i>Brachiaria brizantha</i> cv. MG-5; 2015 - até a data da coleta: substituição da pastagem de <i>B. Brizantha</i> por <i>Panicum maximum</i> Jacq. cv. Tanzânia. Em 2019, houve 2 aplicações de nitrogênio (N) e potássio (K) de 45 kg ha <sup>-1</sup> e 60 kg ha <sup>-1</sup> respectivamente, bem como aplicação de calagem.	12°39'57.1"S 39°04'15.0"W
Plantio de Angico (AN)	Pasto de <i>Brachiaria</i> até agosto de 2008 quando foi substituído pelo plantio de Angico Vermelho ( <i>Anadenanthera macrocarpa</i> Benth.), onde no preparo do solo foram feitas capinas manuais nas linhas de plantio para abertura de covas. Na ocasião foi feita adubação de cova com 120 g de superfosfato simples, e a adubação de cobertura foi realizada 90 dias após plantio com 120 g de NPK 20-00-20 por planta, no início da estação chuvosa. Houve aplicação de formicida granulado e em pó, e três capinas manuais nas linhas de plantio para controle de invasoras (NUNES, 2010).	12°39'21.1"S 39°04'56.1"W
Floresta de Eucalipto (EU)	O plantio foi realizado em setembro de 2013, onde foram utilizadas mudas de híbridos de <i>E. grandis</i> x <i>E. urophylla</i> , sob plantio direto com abertura de covas. Na ocasião realizou-se adubação química de 136 g de NPK (10-30-10) e a adubação de cobertura de 84 g (duas doses de 42g) de NPK (20-00-20) (NUNES et al., 2020)	12°39'11.8"S 39°04'40.7"W

Em cada área foram georreferenciados cinco pontos amostrais, totalizando 25 pontos amostrados, distante entre si, em média, 55 m na área de MT; 35 m na área de PA; 15 m na área de AN; 20 m na área de EU e 20 m na área de MD (Figura 1A). Para cada ponto principal georreferenciado foram coletadas 12 amostras simples dispostas em círculos concêntricos de 3 e 6 m de raio que foram misturadas para constituir a amostra composta para produção das mudas (Figura 1B).



**Figura 1** – A: Georreferenciamento das áreas de coleta das amostras de solo para cultivo das mudas de *Dalbergia nigra*. B: Esquema de coleta das amostras de solo.

Após a coleta das amostras foi realizada a secagem ao ar livre espalhando o material sobre lona plástica e o peneiramento em malha de 5 mm. Não foi realizada correção da acidez e parte das amostras foi submetida a análises químicas (Tabela 1).

**Tabela 1** – Caracterização química e textura do solo nas diferentes áreas estudadas.

Atributos	Unidade	Áreas				
		MT	PA	AN	MD	EU
pH <sup>1</sup>	-	4,56	5,49	5,24	4,97	5,29
P	mg dm <sup>-3</sup>	10,68	14,25	13,9	9,61	17,8
K <sup>+</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	43,06	15,91	24,3	24,79	33,8
Ca <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,55	1,25	0,9	0,85	1,2
Mg <sup>2+</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,5	0,85	0,9	0,9	1,15
Al <sup>3+</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,65	0,25	0,65	0,6	0,25
H+Al	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	4,05	3,8	4,35	4,1	4,0
SB	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,16	2,14	1,86	1,81	2,43
CTC <sub>(t)</sub>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	3,81	2,39	2,51	2,41	2,68
CTC <sub>(T)</sub>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	7,21	5,94	6,21	5,91	6,43
MO	g dm <sup>-3</sup>	25,5	17	19	15	20
V	%	40,26	36,07	30,08	29,46	37,78
Areia	%	77	80	78	73	78
Silte	%	3	6	6	8	6
Argila	%	20	14	16	19	16

<sup>1</sup>Análise química e física realizada de acordo com a metodologia da Embrapa (2009); pH: potencial hidrogeniônico; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC<sub>(t)</sub>: capacidade de troca de cátions efetiva; CTC<sub>(T)</sub>: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; MO: matéria orgânica e V: saturação por base. MT – Fragmento de mata nativa; PA – Pastagem; AN – Plantio de angico; MD – Monocultura de mandioca; EU – Plantio de Eucalipto.

Durante o período experimental em casa de vegetação, a temperatura média foi de 26 °C, a umidade relativa do ar de 80%, a temperatura máxima de 39 °C e a mínima de 20 °C (INMET, 2020).

A unidade experimental constituiu-se por um saco de polietileno cuja medida foi 18 x 28 cm com capacidade para 3 cm<sup>3</sup> de solo, contendo uma muda cada. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 6, com 5 sistemas de uso do solo, 6 adubações e 3 repetições.

Os tratamentos constituídos por amostras de solo de cinco sistemas de uso (Quadro 1), combinados a seis tipos de adubação: adubação com macronutrientes minerais (MACRO); adubação com macronutrientes minerais sem N (MACRO (-N)); Inoculante turfoso adquirido da Embrapa Agrobiologia sendo a estirpe BR 8404 (SEMIA 6510) *Bradyrhizobium elkanii* autorizada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) recomendadas para

a cultura *Dalbergia nigra* (Inoc.); adubação com macronutrientes minerais + inoculante (MACRO + Inoc.); adubação com macronutrientes minerais sem N + inoculante (MACRO (-N) + Inoc.) e um tratamento sem adição de adubação (Testemunha). As quantidades de macronutrientes foram aplicadas por vaso nas seguintes doses: nitrogênio (N) = 199,5 mg; fósforo (P) = 25,06 mg; potássio (K) = 189,15 mg; cálcio (Ca) = 161,67 mg; magnésio (Mg) = 38,8 e enxofre (S) = 51,73 mg. A concentração de cada nutriente foi via soluções nutritivas completas e modificadas conforme Hoagland & Arnon (1950).

As sementes de *Dalbergia nigra* foram coletadas em matrizes localizadas na UFRB e o seu beneficiamento foi feito de forma manual, eliminando-se sementes malformadas e as que apresentaram danos superficiais. Após o beneficiamento, as sementes foram submetidas à desinfestação em hipoclorito de sódio (2%) por 5 min, seguida de lavagens sucessivas com água destilada estéril e posteriormente inoculadas com inoculante bacteriano na dose de 1x50g, seguindo as orientações do produto. Em seguida, foram semeadas 5 sementes por parcela, na profundidade de semeio de 2 cm.

Após 120 dias do semeio foram avaliadas a altura da parte aérea (H), o diâmetro coleto (DC), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca das raízes (MSR) matéria seca total (MST), comprimento radicular (CR) e suas relações, sendo essas: relação altura da parte aérea / diâmetro do coleto (H/DC), relação matéria seca da parte aérea / matéria seca das raízes (MSPA/MSR), e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (Equação 1) (DICKSON et al., 1960).

$$IQD = \frac{MST (g)}{H(cm)/DC(mm) + MSPA(g)/ MSR(g)} \quad (\text{Eq. 1})$$

A altura e o diâmetro foram obtidos com auxílio de uma régua graduada em cm e um paquímetro digital em mm, respectivamente.

Para determinar a matéria seca da parte aérea (MSPA) e matéria seca de raiz (MSR), o material vegetal foi previamente separado em raiz e parte aérea (caule e folhas) colocado em sacos de papel kraft, identificados e levados à estufa de circulação de ar forçada a 65°C até atingir peso constante e esse peso foi obtido em balança de precisão em g.

As interpretações estatísticas dos dados foram feitas por meio de análise de variância e médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade, utilizando-se o Programa Sisvar 5.7 (FERREIRA, 2011). Os dados de MSPA, MSR, MST, MSPA/MST e IQD foram transformadas pela equação  $x^{0,5}$ . Também foram aplicadas nos resultados das amostras analisadas as análises de correlação (Pearson,  $r$ ) e componentes principais (ACP) visando desenvolver um estudo de caracterização das variáveis em função dos tratamentos aplicados.

### 3. RESULTADOS

De acordo com a análise de variância (Tabela 2) houve interação do sistema de uso de solo e da adubação para as variáveis analisadas, com exceção das variáveis H/DC (relação altura e diâmetro), CR (comprimento de raiz) e MSPA/MSR (relação massa seca da parte aérea e massa seca da raiz). Observa-se também que não houve efeito individual dos tratamentos aplicados para a variável H/DC e dos tipos de adubação utilizados para a variável MSPA/MSR (Tabela 2).

**Tabela 2** – Resumo do quadro de análise de variância para o crescimento inicial de *Dalbergia nigra* cultivadas em substratos oriundos de sistemas de uso atual do solo, tipos de adubação e inoculação, aos 120 dias após a semeadura.

FV	GL	Quadrado Médio			
		H	DC	H/DC	CR
Sistemas	4	941,79**	5,9**	7,55 <sup>ns</sup>	281,07**
Adubação	5	318,9**	1,25**	4,35 <sup>ns</sup>	111,30**
Sist x Adub	20	146,01**	1,02**	3,7 <sup>ns</sup>	32,75 <sup>ns</sup>
CV (%)		20,74	13,09	18,83	13,88

FV	GL	Quadrado Médio				
		MSPA <sup>(1)</sup>	MSR <sup>(1)</sup>	MST <sup>(1)</sup>	MSPA/MSR <sup>(1)</sup>	IQD <sup>(1)</sup>
Sistemas	4	1,24**	1,76**	2,95**	0,12**	0,22**
Adubação	5	0,38**	0,38**	0,73**	0,06 <sup>ns</sup>	0,05**
Sist x Adub	20	0,20**	0,15**	0,34**	0,03 <sup>ns</sup>	0,03**
CV (%)		11,36	18,80	13,53	14,58	17,62

<sup>(1)</sup>Variáveis transformadas pela equação  $x^{0,5}$ . Onde: CV (%): Coeficiente de variação; H: altura da parte aérea; DC: diâmetro coleto; CR: Comprimento de raiz; MSPA: matéria seca da parte aérea; MSR: matéria seca das raízes; MST: matéria seca total; H/DC: relação altura da parte aérea e diâmetro do coleto; MSPA/MSR: relação matéria seca da parte aérea/matéria seca da raiz; IQD: Índice de Qualidade de Dickson.

Os solos de MT (Fragmento de mata nativa) e PA (Pastagem) foram os que proporcionaram os maiores CR. Quando observado os tipos de adubação para

essa mesma variável, os tratamentos com Macro (macronutrientes), Inoc. (inoculante) e Macro + Inoc. (macronutrientes mais inoculante) permitiram maior comprimento das raízes comparada as outras formas de adubação (Tabela 3).

Em relação à MSPA/MSR, as mudas com as menores médias foram obtidas quando cultivadas nos solos de MT, PA e AN (Tabela 3), não havendo influência das adubações para essa variável.

**Tabela 3** – Comprimento de raiz (CR) e relação matéria seca parte aérea e matéria seca da raiz (MSPA/MSR) de mudas de *Dalbergia nigra* cultivadas em solos de diferentes sistemas de uso atual do solo, tipos de adubação e inoculação.

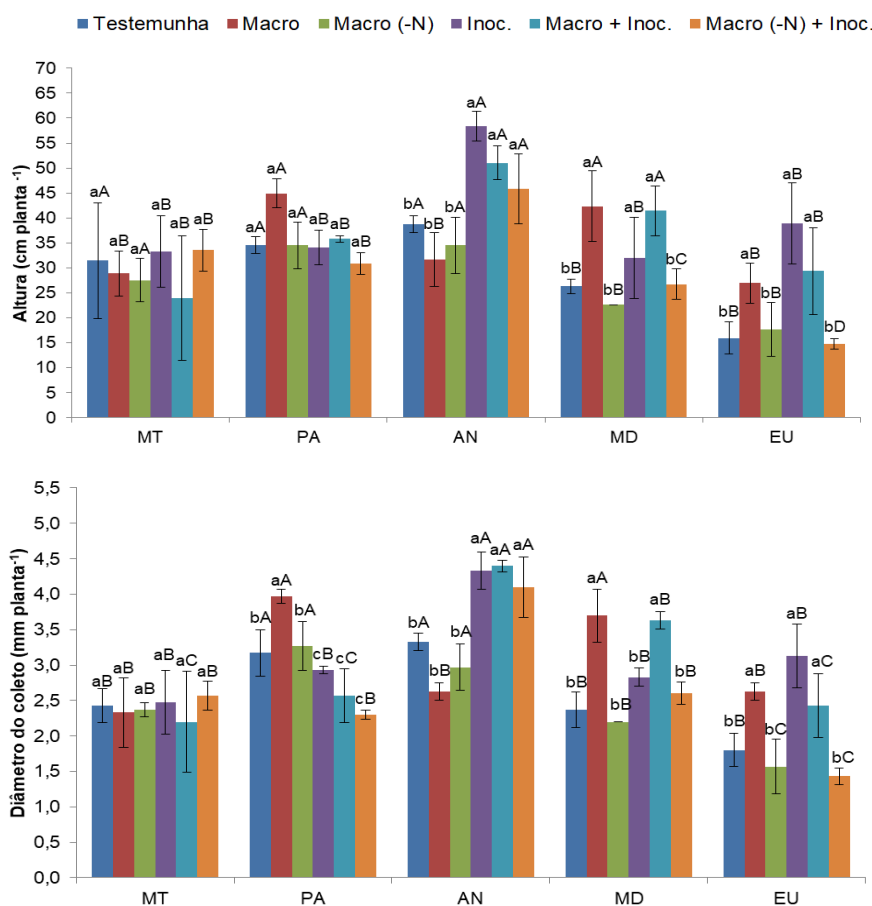
Tratamentos	CR cm planta <sup>-1</sup>	MSPA/MSR g planta <sup>-1</sup>
Uso atual do solo		
Fragmento de mata nativa	41,44 a	1,41 a
Pastagem	41,23 a	1,05 b
Plantio de Angico	37,64 b	0,98 b
Monocultura de Mandioca	33,81 c	1,33 a
Floresta de Eucalipto	33,11 c	1,27 a
Adubações		
Testemunha	35,03 b	1,13 a
Macro	40,23 a	1,21 a
Macro (-N)	35,75 b	1,32 a
Inoc.	40,10 a	0,99 a
Macro + Inoc.	39,30 a	1,41 a
Macro (-N) + Inoc.	34,27 b	1,18 a

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de uma mesma variável, não difere entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Onde: MACRO: macronutrientes; MACRO (-N): adubação com macronutrientes sem N; Inoc: Inoculante com a estirpe BR 8404 (SEMIA 6510) *Bradyrhizobium elkanii* autorizada Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para *Dalbergia nigra*; MACRO + Inoc: adubação com macronutrientes + inoculante; MACRO (-N) + Inoc.: adubação com macronutrientes sem N + inoculante.

A interação para variável H foi significativa, no entanto, não foi observada influência dos tipos de adubação nas plantas cultivadas em solos da MT e PA (Tabela 1 e Figura 2). Verificou-se que o tratamento que recebeu somente a inoculação com a estirpe BR 8404 (Inoc.) obteve a maior média de H das plantas de *D. nigra*, sendo essas cultivadas em solo advindo do plantio de Angico (AN) (Figura 2). Solo oriundo de plantio de eucalipto (EU) proporcionou as menores média em altura das plantas nos tratamentos em que não foi realizado nenhum tipo de adubação (Testemunha) e nos adubados com Macro (-N) e Macro (-N) + Inoc.

Os maiores DC também foram encontrados em plantas cultivadas no solo de AN e as menores médias em solo de EU (Figura 2). No solo de AN, os tratamentos inoculados apresentaram as maiores médias. Já em cultivo com

solo de EU as menores médias ocorreram na Testemunha e nos tratamentos com Macro (-N) e Macro (-N) + Inoc., assim como na variável H. Os tratamentos com adubação não apresentaram diferença ( $p > 0,05$ ) em solos de MT para essa variável (Figura 2).



**Figura 2** – Médias ( $\pm$ DP) para altura e diâmetro do coleto das mudas de *Dalbergia nigra* cultivadas em substratos provenientes de diferentes sistemas de uso atual do solo, tipos de adubação e inoculação. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, letras minúsculas indicam diferenças entre os tipos de adubação e letras maiúsculas indicam diferenças entre os sistemas de uso do solo pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade. MT – Fragmento de mata nativa; PA – Pastagem; AN – Plantio de angico; MD – Monocultura de mandioca; EU – Plantio de Eucalipto.

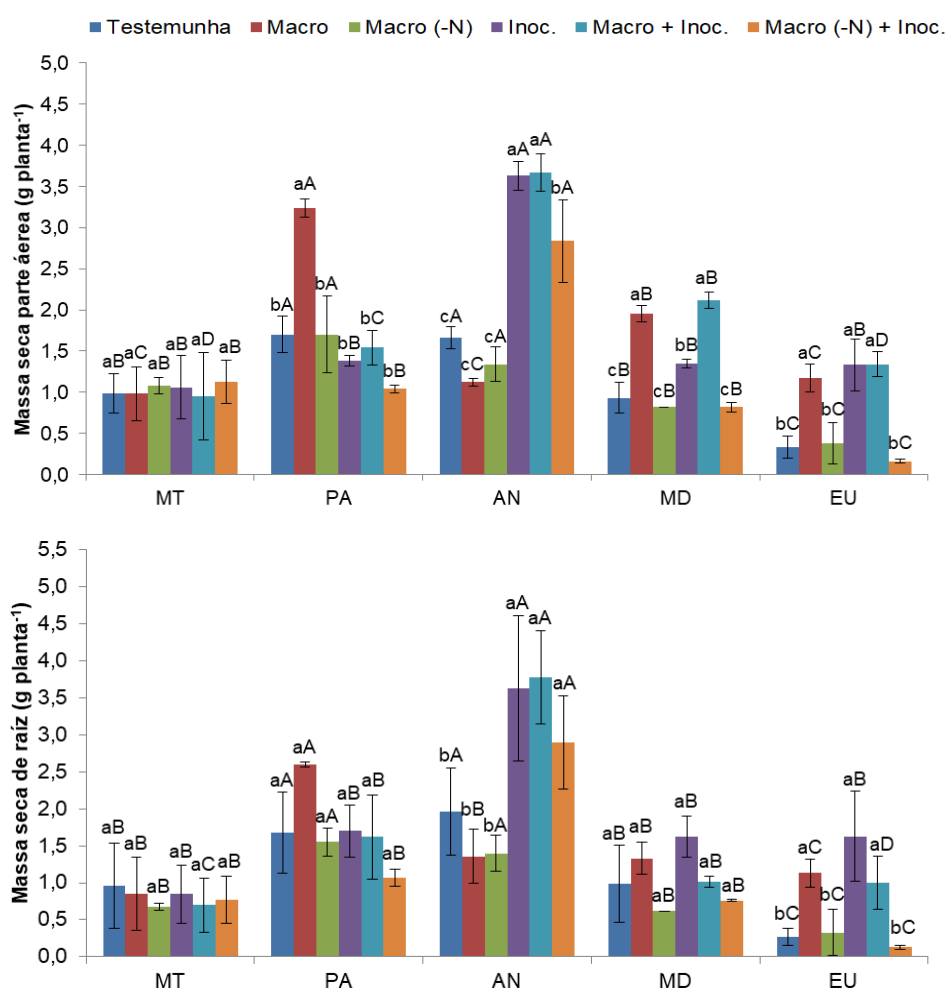
Para MSPA, MSR, MST e IQD os resultados obtidos demonstraram que não houve diferença estatística da interação com a aplicação dos tipos de adubações em solo proveniente de MT (Figuras 3 e 4), e em relação à MSR, estas também não foram influenciadas pelos solos de PA e MD nas adubações testadas (Figura 3).

As maiores médias de MSPA foram obtidas nos tratamentos Inoc. e Macro + Inoc em mudas cultivadas em solo oriundo de plantio de AN. Entretanto, com

aplicação do tratamento Macro as mudas que foram cultivadas em solo de PA apresentaram resultados significativamente maiores em relação aos demais sistemas de uso do solo (Figura 3).

Para a MSR as maiores médias, foram obtidas nos tratamentos Inoc., Macro + Inoc e Macro. (-N) + Inoc., não diferindo estatisticamente entre si, em mudas cultivadas em solo oriundo de plantio de AN (Figura 3).

Ainda considerando essas variáveis, as mudas produzidas em solo oriundo do plantio de eucalipto (EU), nos tratamentos Testemunha, Macro. (-N) e Macro. (-N) + Inoc. demonstraram as menores médias de ganhos nas mudas *D. nigra* (Figura 3).

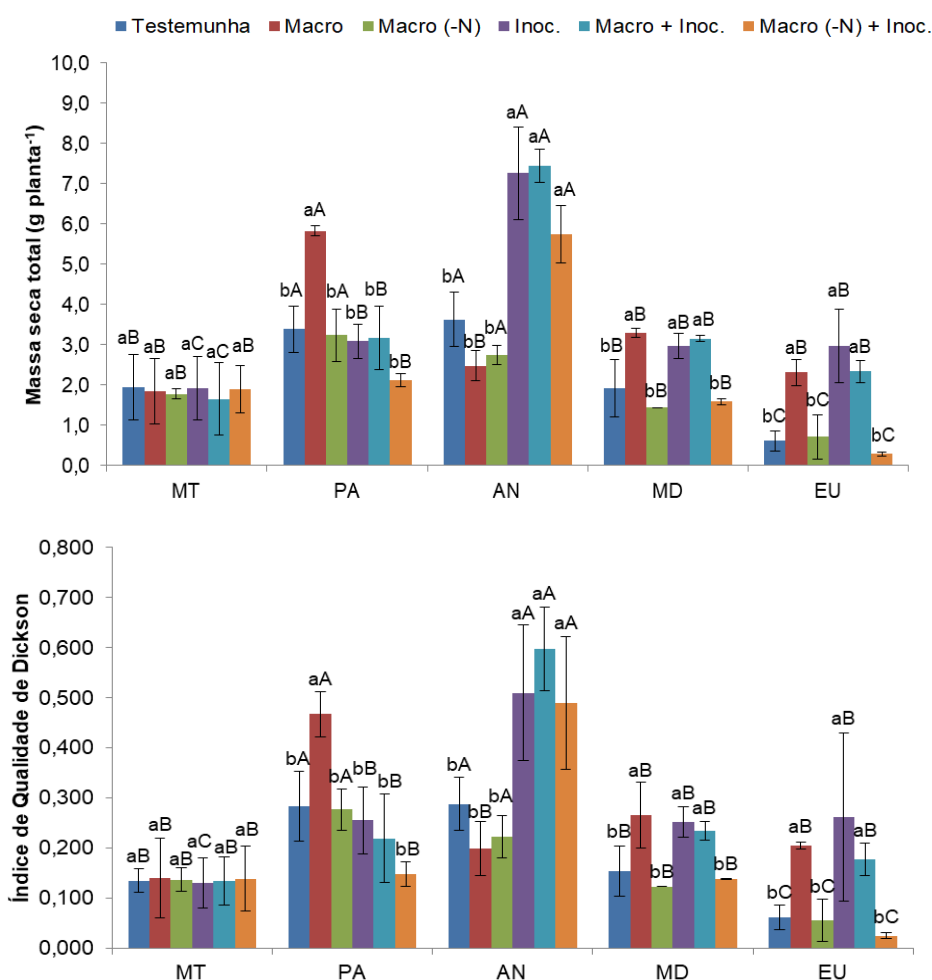


**Figura 3** – Médias ( $\pm$ DP) para massa seca da parte aérea e massa seca de raiz das mudas de *Dalbergia nigra* cultivadas em substratos provenientes de diferentes sistemas de uso atual do solo, tipos de adubação e inoculação. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, letras minúsculas indicam diferenças entre os tipos de adubação e letras maiúsculas indicam diferenças entre os sistemas de uso do solo pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade. MT – Fragmento de mata nativa; PA – Pastagem; AN – Plantio de angico; MD – Monocultura de mandioca; EU – Plantio de Eucalipto.



Assim como ocorreu para variável MSPA, a maior média da material seca total (MST) das mudas, também foi obtida nos tratamentos com Inoc., Macro + Inoc., quando cultivada em solo oriundo de plantio de AN (Figura 4). Bem como, com aplicação do tratamento Macro as mudas que foram cultivadas em solo de PA também apresentaram resultados significativamente maiores em relação aos demais sistemas de uso do solo para MST (Figura 4).

Seguindo a tendência das variáveis que a compõe o seu índice, as mudas cultivadas em solo de AN obtiveram maiores médias de IQD, quando suas sementes foram inoculadas, nos tratamentos Inoc., Macro + Inoc. e Macro (-N) + Inoc (Figura 4).



**Figura 4** – Médias ( $\pm$ DP) para massa seca total e índice de qualidade de Dickson das mudas de *Dalbergia nigra* cultivadas em substratos provenientes de diferentes sistemas de uso atual do solo, tipos de adubação e inoculação. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, letras minúsculas indicam diferenças entre os tipos de adubação e letras maiúsculas indicam diferenças entre os sistemas de uso do solo pelo teste Skott Knott a 5% de probabilidade. MT – Fragmento de mata nativa; PA – Pastagem; AN – Plantio de angico; MD – Monocultura de mandioca; EU – Plantio de Eucalipto.

A Tabela 4 mostra a matriz de correlação entre as variáveis de crescimento, H, DC, H/DC, CR, MSPA, MSR MSPA/MSR, MST e o IQD. Observa-se que ao correlacionar o IQD com as demais variáveis, as que apresentaram correlações mais significativas foram MST ( $r= 0,963$ ), MSR ( $r= 0,956$ ), MSPA ( $r= 0,904$ ), DC ( $r= 0,876$ ) e H ( $r= 0,643$ ), demonstrando que as correlações positivas e fortes dessas variáveis são linearmente proporcional à qualidade de mudas de *Dalbergia nigra*.

**Tabela 4** – Correlação das variáveis independentes relacionadas aos aspectos morfológicos das mudas de *Dalbergia nigra* com o Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

Variáveis	IQD	
	R	P
H	0,643	<0,0001
DC	0,876	<0,0001
H/DC	-0,122	0,1260
CR	0,246	0,0100
MSPA	0,904	<0,0001
MSR	0,956	<0,0001
MSPA/MSR	-0,337	0,0010
MST	0,963	<0,0001

r: Correlação de Pearson;  $p < 0,05$ .

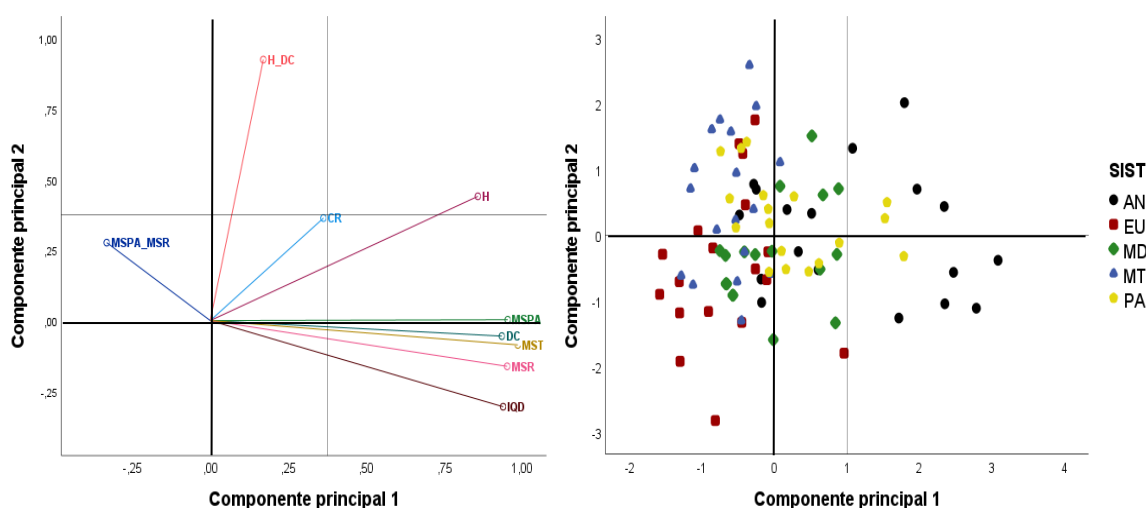
A análise dos componentes principais (ACP) apresentou autovalores de 61,670% no primeiro eixo e 15,395% no segundo, e os dois componentes explicam aproximadamente 77,065% da variação total (Tabela 5). As variáveis mais correlacionadas e mais relevantes com o primeiro eixo de ordenação foram H (0,783), DC (0,946), MSPA (0,972), MSR (0,906), MST (0,970) e IQD (0,950) e para o segundo eixo, a característica relevante para ordenação foi H/DC (0,941) (Tabela 5).

**Tabela 5** – Correlação entre as variáveis independentes relacionadas aos aspectos morfológicos das mudas de *Dalbergia nigra* com cada componente principal.

VARIÁVEIS	CP1	CP2
H	0,783	0,574
DC	0,946	0,098
H_DC	0,007	0,941
CR	0,145	0,484
MSPA	0,972	0,151
MSR	0,906	0,028
MSPA_MSR	-0,151	0,119
MST	0,970	0,090
IQD	0,950	-0,129
Proporção explicada (%)	61,67	15,395

Apesar do comportamento dos pontos terem sido bastante heterogêneo, o primeiro eixo foi responsável por quase totalidade, exceto por um ponto, da individualização do sistema de uso do solo sob floresta de eucalipto (EU) e fragmento de mata nativa (MT), dos demais, mantendo-se agrupado na porção esquerda do eixo (valores negativos), indicando a menor correlação com as variáveis de maior relevância (H, DC, MSPA, MSR, MST e IQD) no crescimento de *D. nigra* quando cultivada nesses solos, mantendo correlação somente com a variável MSPA/MSR. A maioria dos pontos de monocultura de mandioca (MD) agruparam-se no centro do gráfico, apresentando uma média correlação com essas variáveis. Já os pontos relacionados aos sistemas de uso dos solos sob plantio de angico (AN) e pastagem (PA), concentraram-se em sua maioria na porção mais a direita do primeiro eixo (valores positivos), demonstrado maior correlação com as variáveis de maior relevância (Figura 5).

Através do segundo eixo, constatou-se que, o solo que mais correlacionou-se com a variável H/DC das mudas de *D. nigra* foi o solo sob cultivo de MT, PA e EU tendo uma concentração dos seus pontos na porção superior (valores positivos) (Figura 5).



**Figura 5** – Análise dos componentes principais das variáveis morfológicas das mudas de *Dalbergia nigra* e dos sistemas de uso atual do solo (SIST). AN: Plantio de Angico; EU: Floresta de Eucalipto; MD: Monocultivo de Mandioca; MT: Fragmento de Mata nativa. H: altura; DC: diâmetro coleto; MSPA: matéria seca da parte aérea; MSR: matéria seca das raízes; MST: matéria seca; CR: comprimento radicular; H\_DC: relação altura/diâmetro do coleto; MSPA\_MSR: relação matéria seca da parte aérea/matéria seca das raízes e IQD: índice de qualidade de Dickson.

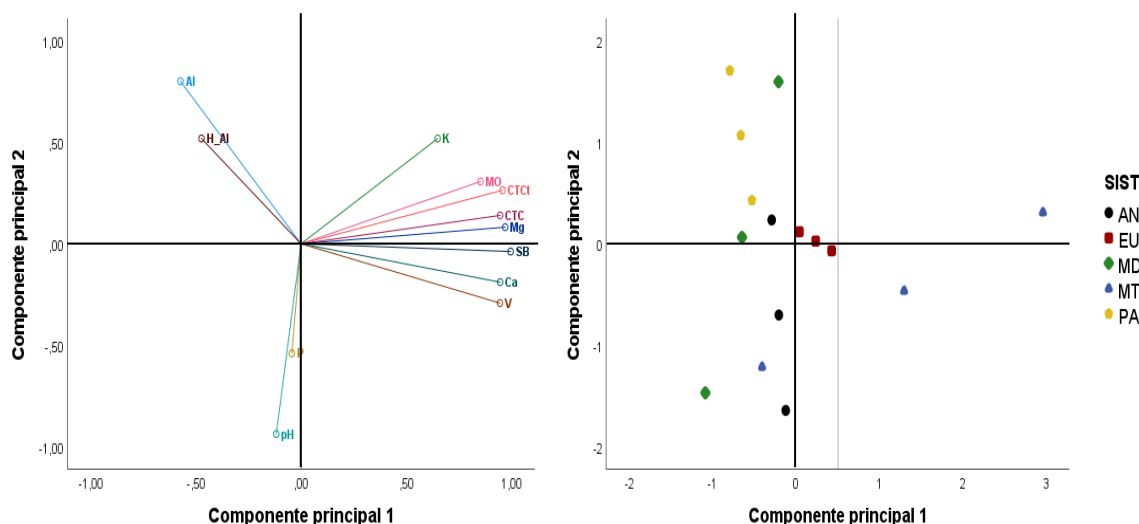
A ACP envolvendo análise química dos solos resultou na individualização dos tratamentos entre si, por meio da relação entre os componentes principais 1 e 2 (Tabela 6 e Figura 6). O conjunto formado pelos dois eixos foi responsável pela explicação de 82,76% da variação total (Tabela 6).

O eixo 1 foi responsável por explicar 60,57% da variabilidade dos dados encontrados e individualizou o K (potássio), Ca (cálcio) Mg (magnésio), SB (soma de bases), CTC (capacidade de troca de cátions), t (capacidade de troca de cátions a pH 7,0), MO (matéria orgânica) e V (saturação por base), dos demais, mantendo-se agrupado na porção direita do eixo (valores positivos), sendo essas as variáveis mais correlacionadas e mais relevantes no primeiro eixo (Tabela 6 e Figura 6). Os pontos do fragmento de mata nativa, apresentaram-se dispersos nos três eixos.

**Tabela 6** – Correlação entre as variáveis independentes relacionadas aos atributos químicos do solo com cada componente principal.

VARIAVÉIS	CP1	CP2
pH	-0,118	-0,937
P	-0,044	-0,540
K	0,650	0,519
Ca	0,947	-0,189
Mg	0,971	0,082
Al	-0,574	0,801
H+Al	-0,474	0,519
SB	0,997	-0,038
t	0,959	0,264
CTC	0,947	0,140
MO	0,854	0,307
V	0,946	-0,292
Proporção explicada	60,57%	22,19%

Através do eixo 2, que explicou 22,19% da variação, foi possível evidenciar que o Al, H+Al, P e pH tiveram seus efeitos agrupados e individualizados, estando Al e H+Al na porção superior (positiva) e o P e pH na porção inferior (negativa).



**Figura 6** – Análise dos componentes principais dos atributos químicos do solo e dos sistemas de uso atual do solo (SIST). AN: Plantio de Angico; EU: Floresta de Eucalipto; MD: Monocultivo de Mandioca; MT: Fragmento de Mata nativa; PA: Pastagem. pH: potencial hidrogeniônico; P: fósforo; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Al: alumínio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; t: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; MO: matéria orgânica e V: saturação por base.

#### 4. DISCUSSÃO

O solo para cultivo das mudas de *Dalbergia nigra*, que apresentou o maior valor médio para todas as variáveis analisadas, foi coletado da floresta de Angico (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) (AN). O Angico é uma leguminosa arbórea capaz de realizar fixação biológica de nitrogênio e também pertencente à família Fabaceae (Maziero et al., 2019). Plantio com espécies de leguminosas favorecem a ocorrência de organismos da fauna edáfica e a atividade microbiana, o que promove a ciclagem do nitrogênio e do carbono no solo (Almeida et al., 2016). Neste contexto, Souza et al. (2007), avaliando o desenvolvimento e a nodulação natural de leguminosas arbóreas em solos sob diferentes formas de uso, verificaram que o crescimento, desenvolvimento, nodulação e acúmulo de nitrogênio de *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit, *Clitoria fairchildiana* R.A.Howard e *Mimosa caesalpinifolia* Benth., na fase de mudas, são favorecidos em solo com cobertura da leguminosa *Calopogonium mucunoides*, que apresentou as melhores condições de fertilidade.

Além da capacidade de fornecer nitrogênio para o solo através da via de FBN, as leguminosas arbóreas também contribuem com a deposição de grande

quantidade de biomassa vegetal que será reincorporada ao solo com consequente aumento da sua fertilidade e disponibilidade de nutrientes para as culturas (Eiras e Coelho, 2011; Paula et al., 2015). O solo de AN associado a inoculação potencializaram os ganhos nas variáveis estudadas, demonstrando as melhores condições para o cultivo dessa espécie.

O outro solo que também favoreceu o desenvolvimento das mudas, foi o solo do sistema de pastagem (PA). Melloni et al. (2008) estudando a identificação e quantificação dos efeitos das coberturas florestais e de pastagem na qualidade química, física, microbiana e visual de solos no sul de Minas Gerais, encontraram resultados positivamente discrepante da fertilidade do solo no ecossistema pastagem, atribuindo ao fato do mesmo estar sob interferência antropogênica (adição de corretivos e fertilizantes) e criação de animais. Conforme descrito no histórico de uso (Quadro 1), este fato também ocorreu para o solo de pastagem utilizada neste experimento onde houve adubações com nitrogênio e potássio no ano da coleta do solo.

Tendo em vista esses fatores e os resultados obtidos nesse estudo a respeito do expressivo desempenho das mudas nesse sistema de uso, a implantação de silvicultura sustentável com a inserção da leguminosa arbórea nativa *Dalbergia nigra* se mostra viável do ponto de vista ecológico na recomposição florestal em solos de pastagens com histórico de mudança do estado de equilíbrio do ecossistema pela inserção de doses elevadas de somente um ou outro nutriente, processo esse conhecido como antagonismo. Quanto aos tipos de adubação, as mudas cultivadas em solo de PA obtiveram maiores valores para todas as variáveis analisadas no tratamento com macronutrientes.

O solo sob monocultivo de mandioca (MD) apresentou condições médias ao desenvolvimento inicial em mudas de *Dalbergia nigra*. Embora a mandioca seja uma planta adaptada a solos de baixa fertilidade, é uma cultura que absorve grandes quantidades de nutrientes (El-Sharkawy, 2012). No período da coleta do solo, a cultura já estava em plena produção no ciclo fenológico (Figura 1A), e o resultado da análise demonstrou que a condição de fertilidade do solo encontrava-se baixo, uma vez que os níveis de P, K, Ca, apresentem-se baixos (Alvarez Venegas et al., 1999) (Tabela 1). No entanto, os tratamentos com fontes de nitrogênio (mineral ou com inoculante) promoveram ganhos no

crescimento de *D. nigra*, sugerindo uma técnica promissora para melhoria da qualidade desse sistema para futuros projetos de silvicultura sustentável. Este fato também pôde ser observado nas mudas cultivadas em solo proveniente do plantio de EU, em que observa-se um ganho ( $p < 0,05$ ) no crescimento das mudas ao serem adubadas apenas com Macro., Inoc e também em Macro + Inoc.

As fontes de adubo mineral, o uso da estirpe BR 8404 (*Bradyrhizobium elkanii*) e a interação entre essas duas fontes, nas doses estudadas não promoveram ganhos significativos no índice de qualidade de mudas de *Dalbergia nigra* cultivadas em solo de fragmento de mata nativa (MT). Este resultado corrobora aos encontrados por Rocha et al. (2017), os quais, estudando o uso do solo e coberturas vegetais sobre simbiontes nativos e interações com o feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) evidenciaram que a cultura obteve menor crescimento quando cultivada em solos de mata nativa. Jesus et al. (2017), estudando o desenvolvimento, o crescimento e a nodulação natural de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. em solos de diferentes sistemas de uso, observaram que solos de matas nativas apresentaram menor desenvolvimento, quando comparado a solos de pastagem e agricultura. Ambos os autores encontraram condições de acidez nos solos provenientes de mata, condições que também foram observadas no presente trabalho (Tabela 1), o que pode ter sido prejudicial ao crescimento inicial da cultura. Em relação aos sistemas de uso do solo, as menores médias gerais obtidos nas variáveis analisadas foram em mudas cultivadas em solo advindo de floresta de eucalipto (EU). No entanto, observa-se que, houve um ganho ( $p < 0,05$ ) no crescimento das mudas ao serem adubadas apenas com Macro., Inoc e também em Macro + Inoc.

Embora a estirpe BR 8404 seja autorizada no Brasil para uso como inoculante para *Dalbergia nigra*, não há trabalhos que mostrem seus efeitos na cultura em Latossolos distrocoesos sob diferentes sistemas de uso do solo em bioma característico de Mata Atlântica. Nesse estudo, apesar das mudas de *Dalbergia nigra* terem apresentado nódulos nas raízes bastante reduzidos, verificou-se uma tendência para todas as variáveis analisadas, exceto para MSPA, onde, os tratamentos com Macro., Inoc e Macro + Inoc. em solo advindo do AN apresentaram valores superiores aos demais não havendo diferença

estatística entre si. Em algumas espécies de leguminosas, espera-se que as plantas inoculadas se desenvolvam mais do que quando não inoculadas ou até mesmo apresentem um desenvolvimento igual ao das plantas fertilizadas com N-mineral (Jesus et al., 2014), o que pode contribuir para reduzir ou até mesmo eliminar o uso de adubos nitrogenados, diminuindo assim os custos de produção em projetos de silvicultura sustentável.

O fato das mudas de *Dalbergia nigra* terem apresentado melhor qualidade quando cultivadas no solo proveniente do plantio de Angico, pode estar ligada ao fato do Angico pertencer ao grupo das leguminosa arbórea capazes de estabelecer interações com bactérias diazotróficas (Maziero et al., 2019) tornando o solo um ambiente com maior probabilidade de existirem bactérias diazotróficas capazes não só de realizar fixação biológica de nitrogênio como também, solubilizar nutrientes e produzir fitohormônios, que são considerados mecanismos utilizados pelas bactérias para promover o crescimento de plantas. (Gumiere et al., 2014; Porto et al., 2017), como verificado no estudo de Costa et al. (2015), em que a solubilização de fosfato por bactérias promoveram crescimento em plantas de *Oryza sativa*.

Foi possível observar correlações fortes e positivas do IQD com as principais variáveis de crescimento das mudas de *Dalbergia nigra*. Portanto, tem-se essa variável como um bom indicador de qualidade das mudas, pois seus componentes se baseiam nas relações entre os principais atributos morfológicas de forma integrada, fornecendo um resultado que possibilite a comparação de práticas aplicadas em indivíduos em fase de viveiro, podendo ser útil na avaliação da qualidade da muda antes de serem levadas para campo, minimizando assim possíveis erros.

## 5. CONCLUSÕES

O uso do inoculante autorizado no Brasil, a estirpe BR 8404 (*Bradyrhizobium elkani*), pode substituir o uso de adubo mineral nitrogenado para cultivo de mudas de *Dalbergia nigra*, exceto para cultivo em solo de pastagem nas condições desse estudo.



Solo proveniente de plantio de Angico foi o que promoveu melhores respostas sob as variáveis analisadas, sugerindo que esse solo é o mais adequado para o crescimento inicial de mudas de *Dalbergia nigra*.

A utilização da leguminosa arbórea *Dalbergia nigra* atrelada a técnicas de inoculação, se mostram promissoras para inserção em projetos de silvicultura sustentável em uso do solo com cobertura de Angico (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.).

## 6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. O.; BAYER, C.; ALMEIDA, H. C. Fauna e atributos microbiológicos de um Argissolo sob sistemas de cobertura no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1140-1147.

BARBOSA, J. Z; CONSALTER, R; VARGAS MOTTA, A. C. Fixação biológica de nitrogênio em Poaceae. **Evidência**, Joaçaba v. 12, n. 1, p. 7-18, 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução normativa nº 13 de 24 de março de 2011**. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=recuperarTextoAtoTematicaPortal&codigoTematica=1229256>>. Acesso em: 09 out. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 443 de 17 de dezembro de 2014**. Disponível em: <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/static/pdf/portaria\\_mma\\_443\\_2014.pdf](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/static/pdf/portaria_mma_443_2014.pdf)> Acesso em: 02 out. 2020.

BRASIL. Ministério do meio ambiente, 2014. Instrução Normativa n. 443, de 17 de setembro de 2014. Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/static/pdf/portaria\\_mma\\_443\\_2014.pdf](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/static/pdf/portaria_mma_443_2014.pdf) (aceso em 19 de maio de 2021).

BRAULIO, C. S.; NÓBREGA, R. S. A.; MOREIRA, F. M.; ANJOS, A. S. J. C.; SILVA, J. J.; ROCABADO, J. M. A. Growth response of *Bauhinia variegata* L. to inoculation and organic fertilization. **Revista Árvore**, v. 43 n. 1, 10 p., 2019.

CHÁVEZ, L. F.; ESCOBAR, L. F.; ANGHINONI, I.; DE FACCIO CARVALHO, P. C; MEURER, E. J. Diversidade metabólica e atividade microbiana no solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob intensidades de pastejo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1254-1261, 2011.

CORDEIRO, I. M.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G.; SCHWARTZ, G. O. manejo da floresta secundária na Amazônia oriental. In: CORDEIRO, I. M. et al. **Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias**. Belém: EDUFRA, p. 163-190, 2017.

COSTA, E. M; LIMA, W; OLIVEIRA-LONGATT, S; SOUZA, F. S. M. Phosphate-solubilising bacteria enhance *Oryza sativa* growth and nutrient accumulation in an oxisol fertilized with rock phosphate. **Ecological Engineering**, v. 83, p. 380-385, 2015.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forest Chronicle**, v.36, n.1, p.10-13, 1960.

DING, G.; PICENO, Y. M.; HEUER, H.; WEINERT, N.; DOHRMANN, A. B.; CARRILLO, A.; ANDERSEN G. L.; CASTELLANOS T.; TEBBE C. C.; SMALLA, K. Changes of Soil Bacterial Diversity as a Consequence of Agricultural Land Use in a Semi-Arid Ecosystem. **Plos One**, v. 8, n. 3, 2013.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain maize. **Biology and Fertility of Soils**, [S. l.], v. 36, p. 284- 297, 2002.

EIRAS, P. P.; COELHO, F. C. Utilização de leguminosas na adubação verde para cultura de milho. **Revista Científica Internacional**, v. 4, n. 17, p. 96-124, 2011.

EL-SHARKAWY, M. A. Stress-tolerant cassava: the role of integrative ecophysiology-breeding research in crop improvement. **Open Journal of Soil Science**, v. 2, n. 2, p. 162-186, 2012.

EMBRAPA. **Fixação biológica de nitrogênio**. 2013. Disponível em <32 <https://www.embrapa.br/tema-fixacao-biologica-de-nitrogenio/nota-tecnica>> Acesso em: 20 de maio de 2021.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 627 p., 2009.

FERNANDES JÚNIOR, P. I.; LIMA, A. A. DE; PASSOS, S. R.; GAVA, C. A. T.; OLIVEIRA, P. J. DE. Phenotypic diversity and amylolytic activity of fast growing rhizobia from pineonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.]. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 43, n. 4, p. 1604-1612, 2012.

FERNANDES, M. R. M.; NÓBREGA, R. S. A.; FERNANDES, M. M.; SOUSA, W. C.; FILHO, J. F. L. Substratos e inoculação com *Bradyrhizobium* no crescimento de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) em área degradada. **Revista Agrarian**, v. 10, n. 35, p. 52-60, 2017.

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

FERREIRA, L. V. M.; NÓBREGA, R. S. A.; SILVA, G. C.; NÓBREGA, J. C. A.; MOREIRA, F. M. S. Crescimento e nodulação de *Sesbania virgata* com estripes nativas e introduzidas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 58, n. 4, p. 327-334, 2015.

FREITAS, G. A.; VAZ-DE-MELO, A.; PEREIRA, M. A. B.; ANDRADE, C. A. O.; LUCENA, G. N.; SILVA, R. R. Influência do sombreamento na qualidade de mudas de *Sclerolobium paniculatum* Vogel para recuperação de área degradada. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 3, n. 3, p. 5-12, 2012.

GONÇALVES, E. O.; PAIVA, H. N.; NEVES, J. C. L.; KLIPPEL, V. H.; CALDEIRA, M. V. W. Crescimento de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth sob diferentes doses de cálcio, magnésio e enxofre. **Revista Árvore**, v. 38, p. 251-260, 2014.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; DE FRANÇA, P. R. C.; DE MOURA, M. F.; DA SILVA SANTOS, S. Germinação de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 33, n. 4, p. 445-450, 2011.

GUMIERE, T.; RIBEIRO, C. M.; VASCONCELLOS, R. L. F.; CARDOSO, E. J. B. N. Indole-3-acetic acid producing root-associated bacteria on growth of Brazil Pine (*Araucaria angustifolia*) and Slash Pine (*Pinus elliottii*). **Antonie van Leeuwenhoek**, v. 105, n. 4, p. 663-669, 2014.

HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. **Circular. California agricultural experiment station**, v. 347, n. 2nd edit, 1950.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense*: inovação em rendimento a baixo custo**. Londrina: Embrapa Soja, 36 p. 2011.

JESUS, A. A.; NÓBREGA, R. S.; NÓBREGA, J. C. A.; COSTA, E. M.; MOREIRA, F. M.; PACHECO, L. P. Quality of *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. seedlings in function of inoculation and natural nodulation in soils from southwest of Piauí, Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 198-205, 2014.

JESUS, A. A.; DA COSTA, E. M.; NÓBREGA, R. S. A.; DIÓGENES, L. C.; NÓBREGA, J. C. A. Crescimento e nodulação de *Enterolobium contortisiliquum* cultivado em solos de diferentes sistemas de uso no Sudoeste do Piauí. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 92, p. 545-553, 2017.

KILGORE, M. A.; GREENE, J. L.; JACOBSON, M. G.; STRAKA, T. J.; DANIELS, S. E. The influence of financial incentive programs in promoting sustainable forestry on the nation's family forests. **Journal of Forestry**, v. 105, n. 4, p. 184-191, 2007.

LEITE, F. A. B.; BRANDÃO, R. L.; BUZATTI, R. S. O.; LEMOS-FILHO, J. P.; LOVATO, M. B. Estrutura genética em escala fina do ameaçado jacarandá *Dalbergia nigra* da Mata Atlântica: Comparando mudas com adultos e pequeno

fragmento com floresta contínua. **Tree Genetics & Genomes**, v. 10, p. 307-316, 2014.

LIMA, H. C. de. 2015 *Dalbergia* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB22915>> Acesso em: 02 out. 2020.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; SOFIATTI, V.; GHEYI, H.; ARRIEL, N. H. C. Atributos químicos de substrato de composto de lixo orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 2, p. 185–192, 2011.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 7. ed. São Paulo: Instituto Plantarum, v. 1. 384 p., 2016.

MAIA, J.; SCOTTI M. R. Growth of *Inga vera* Willd. subsp. affinis under rizobia inoculation. **Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal**, v. 10, n. 2, p. 139-149, 2010.

MARSCHNER, P. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 2012.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. Rio de Janeiro : Andrea Jakobsson, 2013. 1100 p.

MARTINEZ, C. A.; OLIVEIRA, E. A. D.; MELLO, T. R. P.; ALZATE-MARIN, A. L. Respostas das plantas ao incremento atmosférico de dióxido de carbono e da temperatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n. 6, p. 635-650, 2015.

MATOS, A. C. B.; BORGES, E. E. L.; SILVA, L. J. Fisiologia da germinação de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. sob diferentes temperaturas e tempos de exposição. **Revista Árvore**, v. 39, n. 1, p. 115-125, 2015.

MATOSO, E. S.; MARCO, E.; BELLÉ, C.; RODRIGUES, T. A.; ANJOS e SILVA, S. D. Desenvolvimento inicial de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas. **Revista Jornal Pós-Graduação e Pesquisa**. Congrega, URCAMP, 2016.

MAZIERO, C. L.; MASIERO, M. A.; LEITE, L. A. B.; KLEIN, J. Desenvolvimento inicial de plântulas *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) inoculadas com bactérias biazotróficas. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 3, p. 104-117, 2019.

MOREIRA, F. M. S. E SIQUEIRA, J .O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2a. ed. Lavras, UFLA, 729p, 2006.

NEVES, A. de J. **Mapeamento e análise do estágio de conservação dos remanescentes de Mata Atlântica no município de Cruz das Almas, Bahia**.

2014. 39f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Políticas Públicas e Segurança Social) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2014.

NOGUEIRA, N. O.; OLIVEIRA, O. M.; MARTINS, C. A. S.; BERNARDES, C. O. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. **Enciclopédia Biosfera**. v. 8, n. 14, p. 2121-2131, 2012.

NUNES, C. C. S. **Sobrevivência e crescimento inicial de quatro espécies lenhosas nativas cultivadas em solos degradados**. 2010. 64f. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2010.

NUNES, Í. L.; LEITE, E. DA S.; LIMA, R. DE J.; MINETTE, L. J.; SCHETTINO, S.; DE SOUZA A. P. Spatial variability of Eucalyptus clones in the function of soil tillage and fertilization. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 12334-12349, 2020.

PAULA, P. D.; CAMPELLO, E. F. C.; GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. A.; RESENDE, A L. Decomposição das podas das leguminosas arbóreas *Gliricidia sepium* e *Acacia angustissima* em um sistema agroflorestal. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 791- 800, 2015.

PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 13, n. 41 p. 102-110, 2012.

PORTO D. S, FARIAS, E. D. N. C.; CHAVES, J. D. S.; SOUZA, B. F.; MEDEIROS, R. D. D.; ZILLI, J. É.; SILVA, K. D. Symbiotic effectiveness of *Bradyrhizobium ingae* in promoting growth of *Inga edulis* Mart. Seedlings. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, 2017.

RAYOL, B. P.; RAYOL, Y. A. Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em plantio de enriquecimento em floresta secundária em Santarém, Pará. **Acta Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 81-91, 2020.

REGNIER, L. Influence of Harvest, Processing, and Substrate in the Germination of *Dalbergia nigra* Seeds. **Journal of Horticulture and Plant Research**, v. 5, p. 30-37, 2019.

REIS, B. E.; PAIVA, H. N. D.; BARROS, T. C., FERREIRA, A. L.; CARDOSO, W. D. C. Crescimento e qualidade de mudas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) allemão ex benth.) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 2, p. 389-396, 2012.

ROCHA, B. C. F.; ROCHA, B. C.; SANTOS, E. O. D. S.; SANTOS, J. G.; TAKAKO, A. K.; CASTRO, F. J. Land use and vegetation cover on native symbionts and interactions with cowpea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 116-121, 2017.

RODRIGUES, V. A.; SANTOS, R. K. A.; BARBOSA, A. J. V.; NOVAIS, A. B.; FERREIRA, J. S. Isolamento e inoculação de rizobactérias em mudas de

*Eucalyptus urophylla*. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, [S.l.], v. 34, n. 67, p. 138-149, 2019.

ROLIM, S. G.; PIOTTO, D. **Silvicultura e Tecnologia de Espécies Nativas da Mata Atlântica**. Belo Horizonte: Rona, v. 2, 2018.

RUBILAR R. A.; ALLEN, H. L.; FOX, T. R.; COOK, R. L.; ALBAUGH, T. J.; CAMPOE, O. C. Advances in silviculture of intensively managed plantations. **Curr Forest Report** v. 4, p. 23–34, 2018

SALMI, A. P.; RISSO, I. M.; GUERRA, J. G. M.; URQUIAGA, S.; ARAÚJO, A. P.; ABOUD, A. C. S. Crescimento, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio de *Flemingia macrophylla*. **Revista Ceres**, v. 60, n. 1, p. 79-85, 2013.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇÃO G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 70-79, 213.

SILVA, P. C. G.; MOURA, M. S. B.; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A.; SA, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. de C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C. Capítulo 1. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Embrapa Semiárido, p. 48, 2010.

SOUSA, W. C.; NÓBREGA, R. S. A.; NÓBREGA, J. C. A.; BRITO, D. R. S.; MOREIRA, F. M. S. Fontes de nitrogênio e caule decomposto de *Mauritia flexuosa* na nodulação e crescimento de *Enterolobium contortsiliquum*. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 969-979, 2013.

SOUZA, L. A. G. de; BEZERRA NETO, E.; SANTOS, C. E. D. R. S.; STAMFORD, N. P. Desenvolvimento e nodulação natural de leguminosas arbóreas em solos de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 2, p. 207-217, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2013. 954p.

TAVARES, S. R. L.; FRANCO, A. A.; SILVA, E. M. R. Resposta de sabiá *Mimosa caesalpiniaefolia* benth. a inoculações com rizóbio e micorriza em diferentes níveis de fósforo em solo de restinga degradado. **Holos**, v.4, p.36-55, 2016.

VACHERON, J.; DESBROSSES, G.; BOUFFAUD, M. L.; TOURAINE, B.; MOËNNE-LOCCOZ, Y.; MULLER, D.; LEGENDRE, L.; WISNIEWSKI-DYÉ, F.; PRIGENT-COMBARET, C. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 356, 2013

VIEIRA, E. P.; SOUZA, L. A. G. Inoculação com rizóbios em mudas de acapu do igapó e saboarana. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 54, n. 1, p.52-60, 2011.

VINHAL-FREITAS, I, C.; RODRIGUES, M. B. Fixação biológica do nitrogênio na cultura do milho. **Agropecuária Técnica**, v. 31, n. 2, 2010.