

Levantamento bibliográfico sobre a associação de rizóbios e fungos micorrízicos arbusculares em *Vigna unguiculata* L. Walp. (feijão-caupi)

Bibliographic survey on the association of rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi in *Vigna unguiculata* L. Walp. (cowpea bean)

Relevamiento bibliográfico sobre la asociación de rizobios y hongos micorrízicos arbusculares en *Vigna unguiculata* L. Walp. (frijol caupí)

Recebido: 15/09/2022 | Revisado: 28/09/2022 | Aceitado: 29/09/2022 | Publicado: 08/10/2022

Claudielly Gerlany dos Santos Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4512-9257>

Centro Universitário São Miguel, Brasil

E-mail: claudiellygerlany@gmail.com

Maria Eduarda Colaço Mesquita da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0387-4064>

Centro Universitário São Miguel, Brasil

E-mail: eduardacm230@gmail.com

Gabriel da Silva Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8408-7590>

Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

E-mail: gabrielferreirabio@outlook.com

Maria Luiza Ribeiro Bastos da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8406-9472>

Centro Universitário São Miguel, Brasil

E-mail: luizabastos6@yahoo.com.br

José de Paula Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5152-8970>

Instituto Agrônômico de Pernambuco, Brasil

E-mail: jose.paula@ipa.br

Renata Janaína Carvalho de Souza

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0901-456X>

Centro Universitário São Miguel, Brasil

E-mail: renateixan@yahoo.com.br

Resumo

As leguminosas são plantas de fácil identificação devido ao tipo de seus frutos (legume), que são produzidos em forma de vagem. O feijão-caupi é um exemplo dessas leguminosas, bastante cultivado e consumido em grande escala. Plantas do grupo das leguminosas destacam-se também pela importante fixação biológica de nitrogênio atmosférico, com o auxílio de microrganismos, tais como rizóbios e micorrizas. O objetivo foi revisar na literatura publicações que testassem a eficácia de microrganismos no crescimento do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.). O estudo foi desenvolvido através de uma abordagem teórica, na qual foram realizadas pesquisas de trabalhos publicados nas bases de dados do Scientific Electronic Library Online – SciELO e U.S. National Library of Medicine – PubMed, ferramenta de busca do Google Acadêmico e sites especializados. Foram incluídos trabalhos com estudos de abordagem experimental conduzidos em casa de vegetação e em campo. Avaliaram-se eficiência agrônômica do feijão-caupi quando inoculado com as estirpes BR3299, BR3262, UFLA03-164, BR3267, INPA03 -11B e com as espécies de fungos micorrízicos *Scutellospora heterogama*, *Glomus margarita*, *Rhizophagus clarus* e *Claroideoglomus etunicatum*. As estirpes INPA03-11B e BR3262 de rizóbios mostraram-se mais eficientes para a inoculação do feijão-caupi, enquanto a eficácia do fungo foi de acordo com o solo a ser utilizado.

Palavras-chave: Micorrizas; Rizóbios; Leguminosas; Feijão-caupi.

Abstract

Legumes are easily identifiable plants due to the type of their fruits (legumes), which are produced in the form of a pod. Cowpea is an example of these legumes, widely cultivated and consumed on a large scale. Plants of the legume group also stand out for the important biological fixation of atmospheric nitrogen, with the help of microorganisms, such as rhizobia and mycorrhiza. The objective was to review in the literature publications that tested the effectiveness of microorganisms in the growth of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). The study was developed through a theoretical approach, in which researches were carried out on works published in the Scientific Electronic

Library Online – SciELO and U.S. databases. National Library of Medicine – PubMed, Google Scholar search engine and specialist websites. Works with experimental approach studies conducted in a greenhouse and in the field were included. Agronomic efficiency of cowpea was evaluated when inoculated with the strains BR3299, BR3262, UFLA03-164, BR3267, INPA03 -11B and with the mycorrhizal fungi species *Scutellospora heterogama*, *Glomus margarita*, *Rhizophagus clarus* and *Claroideoglomus etunicatum*. The rhizobia strains INPA03-11B and BR3262 showed to be more efficient for cowpea inoculation, while the fungus efficiency was according to the soil to be used.

Keywords: Mycorrhizae; Rhizobia; Legumes; Cowpea beans.

Resumen

Las legumbres son plantas fácilmente identificables por el tipo de sus frutos (legumbres), que se producen en forma de vaina. El caupí es un ejemplo de estas leguminosas, ampliamente cultivadas y consumidas a gran escala. Las plantas del grupo de las leguminosas también destacan por la importante fijación biológica del nitrógeno atmosférico, con la ayuda de microorganismos, como los rizobios y las micorrizas. El objetivo fue revisar en la literatura publicaciones que probaron la efectividad de microorganismos en el crecimiento del caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.). El estudio se desarrolló a través de un enfoque teórico, en el que se realizaron investigaciones sobre trabajos publicados en la Scientific Electronic Library Online – SciELO y bases de datos de EE. UU. Biblioteca Nacional de Medicina – PubMed, buscador Google Scholar y webs especializadas. Se incluyeron trabajos con abordaje experimental realizados en invernadero y en campo. Se evaluó la eficiencia agronómica del caupí al ser inoculado con las cepas BR3299, BR3262, UFLA03-164, BR3267, INPA03 -11B y con las especies de hongos micorrízicos *Scutellospora heterogama*, *Glomus margarita*, *Rhizophagus clarus* y *Claroideoglomus etunicatum*. Las cepas de rizobios INPA03-11B y BR3262 mostraron ser más eficientes para la inoculación de caupí, mientras que la eficiencia del hongo fue de acuerdo al suelo a utilizar.

Palabras clave: Micorrizas; Rizobios; Legumbres; Habas de caupí.

1. Introdução

1.1 Leguminosas e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.)

O grupo das leguminosas abriga cerca de 730 gêneros e 19000 espécies distribuídas pelo mundo, importantes na composição da flora arbórea de ambientes estacionais, possuindo a Fabaceae como uma das principais famílias (Ribeiro, 2009). As leguminosas são diferenciadas por seus frutos em forma de vagem; o vegetal possui grãos comestíveis ricos em nutrientes fundamentais para a saúde, tais como feijão, ervilha e lentilha (EMBRAPA, 2016).

São plantas de fácil identificação devido ao tipo de seus frutos (legume), que são produzidos em forma de vagem. Destacam-se também pela importante fixação biológica de nitrogênio atmosférico, com o auxílio de microrganismos. Ação que traz benefícios não só para a planta, mas também para o solo, que tende a se tornar infértil, devido a sua degradação natural ou por ação humana, tirando toda a fonte de nutrientes necessários ao eficiente suprimento das plantas (Eiras & Coelho, 2015).

Pelas características supracitadas, as leguminosas são utilizadas em uma prática agrícola denominada de adubação verde que, conforme Melo et al. (2015), consiste em agregar plantas ao solo com a finalidade de restaurar a matéria orgânica que continha no local, repondo toda a qualidade de produção e esta prática acompanha outras técnicas agrícolas que propõem o melhoramento das propriedades contidas no solo.

Segundo Santos et al. (2017), apesar das leguminosas serem bastante cultivadas, excepcionalmente no Brasil, o feijão apresenta um rendimento de 817 kg/ha, o que é baixo comparado ao valor qualitativo desta cultivar, pois o feijoeiro apresenta deficiência com relação à fixação simbiótica. Por este motivo, torna-se importante o uso de bioestimuladores, naturais ou associados à fitoreguladores, a fim de garantir uma considerável produtividade (Eiras & Coelho, 2015; Hara et al., 2022).

O feijão-caupi ou *Vigna unguiculata* L. Walp. é um exemplo dessas leguminosas, bastante cultivado e consumido em grande escala. Estudos afirmam que seu consumo quatro vezes por semana diminui o risco de doença coronária, dentre outros distúrbios, pois é rico em minerais, vitaminas e proteínas indispensáveis para a nossa nutrição (Motta et al., 2016).

Esta é uma das espécies da família Fabaceae mais importantes e amplamente cultivadas no mundo (Xiong et al., 2016). Essa espécie é de extrema importância socioeconômica para a região Nordeste do Brasil, pois é uma cultura empregada por pequenos produtores rurais, que geralmente utilizam mão-de-obra familiar, contribuindo para a permanência do homem na

área rural (Santos; Freitas & Colaço, 2008; Silva et al., 2018). Seu consumo é de suma importância devido ao alto valor nutricional (Xavier et al., 2008), deste modo segundo dados do IPA, em 2017 o cultivo do feijão-caupi (ou feijão macassar) chega a ocupar uma área com cerca de 223.820 hectares tendo o rendimento de 329 kg/ha no estado de Pernambuco.

Uma vez que o sistema radicular do feijão-caupi não explora grande volume de solo, pode ser cultivado em vários tipos de solos (soltos, leves e profundos) e diferentes graus de fertilidade com relação à matéria orgânica disponível e teores de alumínio (Francisco, 2018; Ferreira et al., 2020).

1.2 Bactérias diazotróficas

Alguns microrganismos fazem o papel de bioestimuladores, tais como os rizóbios. De acordo com Mahmood e Athar (2018), rizóbios são bactérias Gram-negativas que infectam raízes de plantas leguminosas e formam nódulos radiculares. Para Melo (2015), estas bactérias estão presentes no solo e ao serem inoculados nas raízes também apresentam a função de absorção de água e nutrientes em leguminosas. Pais et al. (2016) descrevem que bactérias promotoras de crescimento estão coligadas com compostos protetores de patógenos e contra a absorção de nutrientes do meio, produzindo assim fitormônios que podem agir no desenvolvimento das plantas.

Bactérias diazotróficas (conhecidas como rizóbios) invadem os pêlos radiculares formando nódulos, onde o nitrogênio livre do ar é convertido em nitrogênio fixado para assimilação ou estocagem pela planta, no processo conhecido como fixação biológica do nitrogênio (FBN) que se associam a leguminosas e gramíneas (Santos et al., 2008; Stocco et al., 2008).

Primeiramente, os rizóbios foram classificados em uma única família, a Rhizobiaceae, contudo, a partir do emprego de técnicas de biologia molecular conduzidos com os genes RNA ribossomais (RNAr), os genes 16S RNAr passaram a ser a molécula ideal para estimar as relações filogenéticas entre as bactérias e sua posição taxonômica, conduzindo a importantes mudanças na taxonomia das bactérias. Desde então, os rizóbios foram subdivididos nas famílias Rhizobiaceae, incluindo os gêneros *Rhizobium* e *Sinorhizobium*, Phyllobacteriaceae, com os gêneros *Allorhizobium* syn. *Rhizobium* e *Mesorhizobium*, Bradyrhizobiaceae, com o gênero *Bradyrhizobium* e Hiphomicrobiaceae com o *Azorhizobium*. Novas estirpes que contêm simbiontes fixadores de N em leguminosas incluem os gêneros *Methylobacterium*, *Devosia*, *Ochrobactrum* e *Phyllobacterium*, também pertencentes à classe das α -proteobactérias (Willems, 2006).

Além destes, foi proposto que estirpes dos gêneros *Burkholderia*, *Ralstonia* e *Cupriavidus*, membros da classe das β -proteobactérias, também poderiam formar nódulos e fixar N₂ com leguminosas, e tais bactérias passaram a ser conhecidas como β -rizóbios (Moulin et al., 2001).

Estas bactérias têm sua importância no crescimento vegetal sendo uma de suas maiores características o fornecimento de nitrogênio para as plantas. Porém, auxiliam também com a produção de substâncias que influenciam benéficamente o metabolismo da planta e deste modo passam a ser classificadas como “bactérias diazotróficas associativas” (Moreira, 2010).

Dentre as bactérias promotoras de crescimento vegetal, as rizobactérias estimulam a resistência sistêmica induzida (RSI), atuando no controle biológico de doenças de forma direta ou indireta e, conforme o tipo da bactéria promotora de crescimento é possível que a RSI atue na proteção contra mais de um patógeno, atribuindo vigor para a planta (Figueiredo, 2008). Observa-se também, que a inoculação de rizóbios em feijão-caupi trouxe resultados positivos para o rendimento da planta, como o aumento na nodulação e o acúmulo de nitrogênio na região aérea (Gualter, 2011; Mesquita et al., 2020).

1.3 Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMA's)

Além das bactérias, a simbiose entre fungo e raiz também só vem a trazer benefícios para plantas. Um exemplo é a micorriza, que segundo Berude et al. (2015), trata-se de uma associação mutualística em que raízes são infectadas por fungos

(filo Glomeromycota), onde há contato entre o fungo e raiz, fator que auxilia na absorção de água e nutrientes necessários para o crescimento da planta.

O termo micorriza foi apresentado pelo botânico alemão Albert Bernar Frank, em 1885 e vem do grego “mico” que significa fungos e “riza” que significa raiz (Souza et al., 2006). Portanto, micorriza nada mais é que a associação mutualista benéfica entre fungos e raízes da maioria dos vegetais (Oliveira, 2009). A associação do fungo micorrízico arbuscular com as raízes do feijão caupi causa uma interação íntima fornecendo um aumento na capacidade de absorção de água e nutrientes, principalmente o fósforo, proporcionado pelas hifas (Moreira et al., 2019).

Para Jesus et al. (2005), o que favorece a nodulação e fixação biológica de nitrogênio nas leguminosas é o efeito das micorrizas. A resposta do fungo no crescimento das plantas tem sido um indicador de diversidade funcional e as condições ambientais, que podem ser medidas pela porcentagem de colonização micorrízica (Folli-Pereira, 2012). Pode haver variações na resposta ao crescimento de uma determinada micorriza em plantas de espécies diferentes, essas variações acontecem em isolados da mesma espécie e de espécies diferentes (Smith et al., 2008).

A simbiose de plantas com micorrizas resulta em diversos benefícios, entre eles a translocação, absorção e utilização de nutrientes, principalmente fosforo, e água, tendo efeitos indiretos no solo e benefícios no crescimento da planta (Souza et al., 2006). O conhecimento das comunidades de micorrizas é essencial para uma estratégia de manejo do solo mais eficaz e recuperação da degradação do solo (Ferreira et al., 2015).

À medida que o clima varia a simbiose entre plantas e fungos também sofre variedade (Silveira; Souza & Koller, 2002). A habilidade de infecção rápida e extensiva do fungo é o que determina o sucesso da micorriza na planta, algumas espécies infectam a planta em um período curto de tempo, outras demoram um pouco mais (Caproni et al., 2003). Os fungos do filo Glomeromycota são comumente encontrados de forma assídua em plantas no geral (Schurbler et al., 2001; Saggin-Júnior & Silva, 2005).

O uso destes fungos expressa ainda suma importância no desenvolvimento de microrganismos fixadores de nitrogênio, tais como os rizóbios citados, o que torna a utilização desses fungos micorrízicos uma aposta relevante por desenvolver um crescimento saudável e ativo de leguminosas, tendo em vista também a reposição de nutrientes ao solo operado. Levando-se em consideração que o exacerbado uso de defensivos agrícolas é um dos responsáveis pelo empobrecimento do solo e demais problemas recorrentes, os microrganismos são uma alternativa consciente para minimizar tal problema. Contudo, ainda não se tem pesquisas bibliográficas suficientes para determinar qual microrganismo seria a melhor alternativa para a eficiência agrônômica do feijão-caupi (Zilli et al., 2008; Silva et al., 2018; Tavares, 2020).

As micorrizas fazem o mutualismo entre fungo e raiz e, ao mesmo tempo em que levam nutrientes do solo para as plantas repõem os compostos orgânicos necessários para a maturação do solo. Estas ainda favorecem o desenvolvimento de rizóbios, bactérias que se fixam as raízes de leguminosas fornecendo nitrogênio. Pensando na importância das leguminosas, tanto nutricional quanto ambiental, o presente estudo objetiva identificar e comparar o rendimento do feijão-caupi sob diferentes microrganismos, além de identificar os tratamentos mais benéficos para os diferentes tipos de solo. Para tanto, foi realizada uma revisão na literatura de publicações que testam a eficiência de microrganismos no crescimento do feijão-caupi.

2. Metodologia

O presente estudo foi conduzido através de uma abordagem teórica de acordo com os métodos de Galvão e Ricarte (2019), em que foi elaborada uma revisão sistemática da literatura. Foram realizadas pesquisas de trabalhos publicados nas bases de dados do Scientific Electronic Library Online – SciELO, U.S. National Library of Medicine – PubMed, em ferramenta de busca do Google Acadêmico e sites especializados. Selecionando-se artigos e trabalhos acadêmicos publicados nos idiomas inglês e português, no período de 2004 a 2020. Utilizando-se na busca por os termos “feijão-caupi”, “fungos

micorrízicos”, “rizóbios”, “*Vigna unguiculata*”, “*Bradyrhizobium*”, “arbuscular mycorrhiza”, “inoculação de rizóbios e/ou micorrizas em feijão-caupi”, “fixação biológica de nitrogênio”, “fungos micorrízicos arbusculares”, “inoculação em leguminosas” e “eficiência agrônômica do feijão-caupi”.

Os critérios de inclusão foram trabalhos experimentais que abordassem o tema proposto. E como critério de exclusão, os trabalhos que não estavam de acordo com o tema, trabalhos incompletos e que não fossem experimentais. Foram selecionados trabalhos com estudos de abordagem experimental conduzidos em casa de vegetação e em campo. Foram analisados os dados relacionados com estirpes de rizóbios e FMAs, levando-se em consideração quais tratamentos mostraram maiores eficiências quando inoculados ao feijão-caupi, sendo avaliados aspectos como: número de nódulos, matéria seca da parte aérea, matéria seca de nódulos, matéria fresca da parte aérea e matéria seca total.

3. Resultados e Discussão

Foram selecionados dez trabalhos científicos que atenderam aos critérios de inclusão previamente estabelecidos, para composição do Quadro 1, apresentando o sumário das características dos estudos incluídos.

Quadro 1. Pesquisas sobre associação de micorrizas e rizóbios em feijão-caupi.

Autores / Ano de publicação	Cidade	Periódico ou categoria do trabalho	Título
Cruz et al. (2017)	Roraima	Dissertação de mestrado	Doses de fósforo e fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e produção do feijão-caupi em Roraima
Passos <i>et. al</i> (2014)	Petrolina	Artigo em anais de congresso	Eficiência do uso de fungos micorrízicos arbusculares em Maracujazeiro do mato (<i>Passiflora cincinnata</i>) na produção de fruto em cultivo consorciado no campo.
Rohyadi (2008)	Indonésia	Revista Microbiology Indonesia	Growth Responses of Externa Hyphae of Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Acidic Soil Conditions and their Effects on Cowpea Growth
Gualter et al. (2011)	Maranhão	Pesq. Agropec.	Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio em feijão-caupi cultivado na região da Pré-Amazônia maranhense
Júnior et al. (2010)	Fortaleza	Revista Ciência Agrônômica	Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi-TO
Farias et al. (2016)	Minas Gerais	Trabalho de Pós-graduação	Rhizobia inoculation and liming increase cowpea productivity in Maranhão State.
Tavares (2020)	Curitiba	Dissertação Digital	Estresse salino em plantas de feijão caupi (<i>Vigna unguiculata</i> L. Walp.); germinação e efeitos da associação com Fungo micorrízico arbuscular.
Zilli et al. (2009)	Roraima	Acta Amazônica	Contribuição de rizóbios para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima
Lacerda et al. (2004)	Minas Gerais	Revista Ceres	Efeito de estirpes de rizóbio sobre a nodulação e produtividade do feijão-caupi

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.1 Inoculação com estirpes de rizóbios

A partir da avaliação da eficiência agrônômica do feijão-caupi quando inoculado com cinco diferentes estirpes de rizóbios, Gualter et al. (2011); Júnior et al. (2010); Farias et al. (2016), respectivamente, observaram que os tratamentos com as estirpes BR3299, BR3262 e UFLA03-164 não apresentaram diferenças significativas quanto ao número de nódulos (NN), exceto a estirpe INPA03 -11B que segundo Lacerda et al. (2004) apresentou resultados superiores a respeito do NN e matéria seca de nódulos (MSN), indicativo da fixação biológica de nitrogênio, dando para estirpe a capacidade de expandir a

nodulação da planta, porém ao ser avaliada por outros estudos não apresentou diferença significativa das demais estirpes (Zilli et al., 2009; Gualter et al., 2011; Júnior et al., 2010; Farias et al., 2016). Os NN do controle (tratamento sem inoculação de rizóbios) citados, apontam que há no solo quantidade relevante de rizóbios suficiente para nodular o caupi. Zilli et al. (2009) observaram que a estirpe BR3267 proporcionou MSN superior ao controle apesar do menor valor comparado às demais estirpes (Tabela 1).

Tabela 1. Eficiência agrônômica do feijão-caupi associado com inoculação de rizóbios. Controle = sem inoculação de rizóbios.

Estirpes de rizóbios	Número de nódulos (NN)	Autores
INPA03-11B	127,5	Lacerda et al. (2004)
Controle	84,87	
BR3267	62,8	Zilli et al. (2009)
Controle	38,4	
BR3299	23	Gualter et al. (2011)
Controle	8	
BR3262	33	Junior et al. (2010)
Controle	2	
UFLA03-164	38,5	Farias et al. (2016)
Controle	8	
Estirpes de rizóbios	Matéria seca da parte aérea (MSPA)	Autores
INPA03-11B	6,485	Lacerda et al. (2004)
Controle	7,277	
BR3267	3,26	Zilli et al. (2009)
Controle	3,87	
BR3299	2,6	Gualter et al. (2011)
Controle	36,0	
BR3262	14,22	Junior et al. (2010)
Controle	8,29	
UFLA03-164	8,55	Farias et al. (2016)
Controle	8,28	
Estirpes de rizóbios	Matéria seca de nódulos (MSN)	Autores
INPA03-11B	628	Lacerda et al. (2004)
Controle	394	
BR3267	287,2	Zilli et al. (2009)
Controle	252,4	
BR3299	95,8	Gualter et al. (2011)
Controle	36,0	
BR3262	483	Junior et al. (2010)
Controle	7,3	
UFLA03-164	185,84	Farias et al. (2016)
Controle	13,57	

Fonte: Elaborado pelos autores.

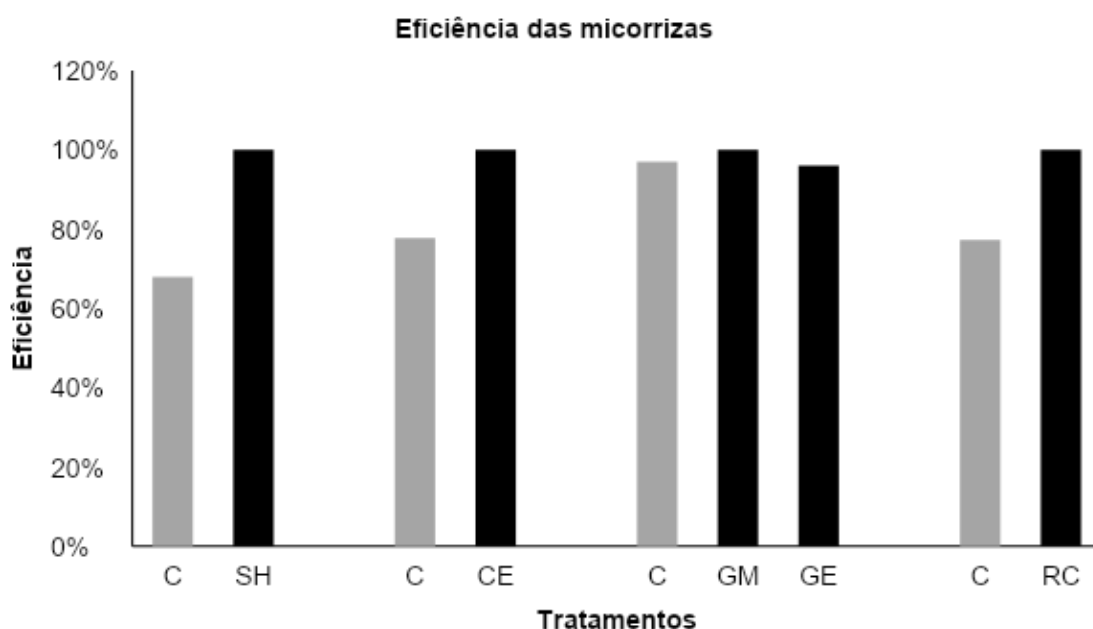
Observa-se que não houveram diferenças significativas das estirpes INPA03 -11B, BR3267, BR3262 e UFLA03-164 na matéria seca da parte aérea (MSPA) quando comparadas com o controle (Lacerda et al., 2004; Zilli et al., 2009; Junior et al., 2010; Farias et al., 2016), tendo visto que o tratamento com BR3262 demonstrou um maior número da MSPA pressupondo que a estirpe seja a mais qualificada para promover o crescimento do feijão-caupi. Segundo Gualter et al. (2011) a estirpe BR3299 apresentou um baixo da MSPA comparado ao tratamento controle (Tabela 1).

De acordo com Zilli et al. (2008) não ter ocorrido diferença significativa entre as estirpes e o controle na MSPA é resultado da falta de nitrogênio que tornaria eficaz o desenvolvimento da planta, tal escassez proveniente da matéria orgânica presente no solo cultivado.

3.2 Associação de FMA's

O Gráfico 1 apresenta estudos realizados entre os períodos de 2014 a 2020, sobre a associação de micorrizas com o feijão-caupi. Foram avaliadas a eficiência dos fungos *Glomus margarita* e *Glomus etunicatum* em solos com alta acidez, analisando que o excesso de íons H^+ tem capacidade de influenciar negativamente a germinação de esporos e desenvolvimento e distribuição das hifas, causando problemas na simbiose planta-fungo. Portanto, em solos com acidez alta é recomendada uma espécie com característica de redes extensas de hifas. Rahyadi (2008), verificou que a espécie *G. margarita* é tolerante a pH baixo, sendo assim, uma ótima candidata a inoculação em solos de baixa acidez.

Gráfico 1. Estudos sobre a associação e eficiência das micorrizas no feijão-caupi. C = Controle; SH = *Scutellospora heterogama*; CE = *Claroideoglomus etunicatum*; GM = *Glomus margarita*; GE = *Glomus etunicatum*; RC = *Rizopagus clarus*.



Fonte: Elaborado pelos autores.

O Gráfico 1, exposto acima, demonstra a eficiência das micorrizas frente ao tratamento controle, com alguma variação em função do fungo associado.

Cruz (2017), descreve que em clima trópico-chuvoso, com média anual de 27°C e pH ideal para plantio (5,5 a 5,8) foram avaliadas as espécies *Scutellospora heterogama* e *Glomus clarum*. O tratamento com *S. heterogama* mostrou-se mais

eficiente na altura da planta, sendo 12% mais efetivo que as plantas inoculadas com *G. clarum* e 32% mais do que sem inoculante. Mesmo assim, a inoculação com *Glomus* foi 23% mais eficiente que na altura que sem inoculantes. Portanto, é certo que o crescimento do feijão-caupi é mais efetivo em associação com fungos micorrízicos que sem inoculantes. Nas demais áreas avaliadas, matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca total (MST), foi comprovado que a espécie *S. heterogama* é mais eficiente que a sua concorrente.

Já Tavares (2020), em seu estudo com salinidade alta em solos, foi usada a espécie *Rhizophagus clarus*, já que essa espécie tem uma alta capacidade de colonizar raízes de feijão-caupi. A associação entre o *V. unguiculata* e o fungo *R. clarus* apresentou uma redução de estresse iônico, acúmulo grande de biomassa de folhas, produtividade de grãos e otimização da regulação do estado nutricional, devido a maior absorção de fósforo e potássio, tendo maior eficiência em solução com 25mM de NaCl.

Passos et al. (2014) realizaram uma pesquisa em casa de vegetação foram feitos testes que comprovam a eficácia do fungo *Claroideoglomus etunicatum* como mais eficiente para este tipo de inoculação. Obteve resultado de 100% na sobrevivência das plantas micorrizadas após o transplante para condições de campo, diferente das mudas não micorrizadas que tiveram taxa de 77,7% inicial. O fungo contribuiu para a fixação da planta em solo e reduziu o tempo para produção.

4. Conclusão e Sugestões

De acordo com os estudos selecionados é eficiente o uso de estirpes de rizóbios na inoculação do feijão-caupi, uma vez que as estirpes recomendadas apresentaram valores maiores ao do controle nas variáveis Números de Nódulos (NN) e Matéria Seca de Nódulos (MSN).

Diferentes espécies de fungos micorrízicos são adequadas para os diferentes tipos de solo em associação ao feijão-caupi, onde a escolha do fungo deve estar diretamente relacionada como o tipo de solo. Constatando-se que para solos com pH muito baixo, *Glomus margarita* mostrou-se mais eficiente, enquanto em solos com salinidade alta, *Rhizophagus clarus* foi considerado mais eficiente e para início de plantio em casa de vegetação foi evidente a eficiência de *Claroideoglomus etunicatum*.

Pesquisas provenientes de rizóbios e FMA's deverão ser cometidos a experimentação em campo, visando uma melhor comparação em relação a uma maior produtividade. Outrossim, trabalhos posteriores poderão realizar o uso das estirpes *Rhizophagus clarus*, *Glomus margarita* e *Claroideoglomus etunicatum*, a fim de comprovar a eficiência em tipos de solo para qual lhe foi designado, corroborando com os resultados obtidos nesta pesquisa bibliográfica.

Referências

- Berude, M., Almeida, D., Riva, M., Cabanêz, P., & Amaral, A. (2020). Micorrizas e sua importância agroecológica | enciclopédia biosfera. *Conhecer.org.br*, 11(22). <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/1368>
- Caproni, A. L., Franco, A. A., Berbara, R. L. L., Granha, J. R. D. de O., Ribeiro, E. M. da S., & Saggin Júnior, O. J. (2003). Capacidade infectiva de fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas após mineração de bauxita no Pará. *Pesq. Agropec. Bras.*, 38(8), 937–945. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2003000800006>
- Cruz, E. D. C., Sobreira, A. C., Barros, D. L. D., Plínio, & Gomide, P. H. O. (2017). Doses de fósforo e fungos micorrízicos arbusculares no crescimento e produção do feijão-caupi em Roraima. *Bol. Mus. Int. De Roraima*, 11(1), 21–28. <https://periodicos.uerr.edu.br/index.php/bolmirr/article/download/792/459>
- Eiras, P. P., & Coelho, F. C. (2011). Utilização de leguminosas na adubação verde para a cultura de milho. *Undefined*, 1. <https://www.semanticscholar.org/paper/UTILIZA%C3%87%C3%83O-DE-LEGUMINOSAS-NA-ADUBA%C3%87%C3%83O-VERDE-PARA-A-Eiras-Coelho/bfc6328aa7da6e77069f4db006af74799f12ee6d>
- EMBRAPA. (2016). *Nutritivas e sustentáveis, leguminosas de grãos secos são destaque em 2016*. www.embrapa.br. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/18204770/nutritivas-e-sustentaveis-leguminosas-de-graos-secos-sao-destaque-em-2016>
- Farias, T. P., Trochmann, A., Soares, B. L., & Moreira, F. M. S. (2016). Rhizobia inoculation and liming increase cowpea productivity in Maranhão State. *Acta Sci. Agron.*, 38, 387–395. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v38i3.28630>

- Ferreira, E. de F., Oliveira, L. S. de, & Mourão, F. V. (2020). Os efeitos da aplicação de manipeira como biofertilizante no desenvolvimento vegetativo de *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Research, Society and Development*, 9(7), e91973722–e91973722. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3722>
- Ferreira, G. M. dos R., Melloni, R., Silva, L. F. de O. da, Martins, F. B., & Gonçalves, E. D. (2015). Fungos micorrízicos arbusculares no desenvolvimento de mudas de oliveira (*Olea europaea* L.) Cultivadas no sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 39, 361–366. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140082>
- Figueiredo, M. V. B. (2008). *Microorganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura = Microorganismos y agro biodiversidad: un nuevo desafío para la agricultura*. Agrolivros.
- Folli-Pereira, M. da S., Meira-Haddad, L. S., Bazzolli, D. M. S., & Kasuya, M. C. M. (2012). Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 36, 1663–1679. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000600001>
- Francisco, P. R. M., Santos, D., Santos, F. do N., & Macedo, F. L. de. (2018). Potencial pedológico das terras do estado da Paraíba para o cultivo do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Boletim de Geografia*, 36(2), 31–44. <https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v36i2.30780>
- Galvão, M. C. B., & Ricarte, I. L. M. (2019). Esta obra está licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (cc BY 4.0) Revisão Sistemática Da Literatura: Conceituação, Produção E Publicação Systematic Literature Review: Concept, Production And Publication. *Logeion: Filosofia Da Informação*, 6(1). <https://doi.org/10.21728/logeion.2019v6n1.p57-73>
- Gualter, R. M. R., Boddey, R. M., Rumjanek, N. G., Freitas, A. C. R. de, & Xavier, G. R. (2011). Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio em feijão-caupi cultivado na região da Pré-Amazônia Maranhense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46, 303–308. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000300011>
- Hara, F. A. dos S., Vendruscolo, J., Inácio, A. C. F., Cabral, R. F., & Moura, R. P. M. (2022). Avaliação de cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) em um solo de várzea no município de Autazes/AM. *Research, Society and Development*, 11(7), e16511729865–e16511729865. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i7.29865>
- Instituto Agrônômico de Pernambuco - IPA. (2018). *RELATÓRIO INTEGRADO*. <http://www.ipa.br/novo/pdf/transparencia/relatorio-integrado.pdf>
- Jesus, E. da C., Schiavo, J. A., & Faria, S. M. de. (2005). Dependência de micorrizas para a nodulação de leguminosas arbóreas tropicais. *Revista Árvore*, 29, 545–552. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000400006>
- Junior, A. F. C., Rahmeier, W., Fidelis, R. R., Santos, G. R. dos, & Chagas, L. F. B. (2010). Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio inoculadas em feijão-caupi no Cerrado, Gurupi-TO. *Revista Ciência Agrônômica*, 41(4), 709–714. <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/626>
- Lacerda, A. M., Moureira, F., Andrade, M. J. B., & Soares, A. L. L. (2004). Efeito de estirpes de rizóbio sobre a nodulação e produtividade do feijão-caupi. *Ceres*, 67(82).
- Mahmood, A., & Athar, M. (2018). Taxonomic Appraisal of Nodulation in the Leguminosae of Pakistan. *Planta Daninha*, 36. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100087>
- Melo, I. G. C. e. (2015). Densidades de sementeira de leguminosas na melhoria da qualidade do solo e na produtividade do milho. *Repositorio.ufersa.edu.br*. <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/tede/468>
- Mesquita, A. C., Gomes, L. F., Junior, J. B. M. dos S., Souza, I. J. da S., Nogueira, W. R. da S., & Felix, A. T. R. (2020). Bactérias diazotróficas no crescimento inicial e alterações bioquímicas de *Vigna unguiculata* sob déficit hídrico. *Research, Society and Development*, 9(8), e484985641–e484985641. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5641>
- Moreira, F. W., Oliveira, C. M. de, Maia, J. L. Z., & Oliveira, L. A. de. (2019). Fungos micorrízicos arbusculares nas plantas e características químicas dos solos de clareiras da Província Petrolífera de Urucu, Am. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 10(5), 56–68. <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2019.005.0006>
- Motta, C., Bento, C., Nascimento, A., & Santos, M. (2016). *A importância das leguminosas na alimentação, nutrição e promoção da saúde*. <https://core.ac.uk/download/pdf/80518969.pdf>
- Moulin, L., Munive, A., Dreyfus, B., & Boivin-Masson, C. (2001). Nodulation of legumes by members of the β -subclass of Proteobacteria. *Nature*, 411(6840), 948–950. <https://doi.org/10.1038/35082070>
- Oliveira, J. R. G., Souza, R. G., Silva, F. S. B., Mendes, A. M. S., & Melo, A. M. (2009). *O papel da comunidade de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) autóctones no desenvolvimento de espécies vegetais nativas em área de dunas de restinga revegetadas no litoral do Estado da Paraíba*. www.embrapa.br. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/661668/o-papel-da-comunidade-de-fungos-micorrizicos-arbusculares-fma-autoctones-no-desenvolvimento-de-especies-vegetais-nativas-em-area-de-dunas-de-restinga-revegetadas-no-litoral-do-estado-da-paraiba>
- Pais, A. K. L., Silva, J. R. da, Alencar, F. C., Peixoto, A. R., Souza, J. C. de, & Paz, C. D. da. (2016). Seleção de rizobactérias como promotoras de crescimento em melancia. *Scientia Plena*, 12(4). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2016.040201>
- Passos, A. M., Silva, A. R. da, Araujo, F. P. de, Melo, N. F. de, & Melo, A. M. M. (2014). Eficiência do uso de fungos micorrízicos arbusculares em Maracujazeiro do mato (*Passiflora cincinnata*) na produção de fruto em cultivo consorciado no campo. www.alice.cnptia.embrapa.br, 197–203. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1013499>
- Phillips, J. M., & Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55(1), 158–168. [https://doi.org/10.1016/s0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/s0007-1536(70)80110-3)
- Rabelo, A. C. R., Ribeiro, D. F., Rezende, R. M., Alcantra, E., & Soares, A. de F. (2017). Adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro. *Revista da universidade vale do rio verde*, 15(1), 825–841. <https://doi.org/10.5892/ruvrd.v15i1.3131>
- Rohyadi, A. (2008). Growth Responses of External Hyphae of Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Acidic Soil Conditions and their Effects on Cowpea Growth.

Microbiology Indonesia, 2(1). <https://doi.org/10.5454/mi.2.1.5>

Santos, C. E. R., Freitas, A. D. S., Vieira, I. M. M. B., & Colaço, W. (2008). Fixação simbiótica do N₂ em leguminosas tropicais. In *Microorganismos e agrobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura*. (p. 568).

Silva, A. C. da, Vasconcelos, P. L. R. de, Melo, L. D. F. de A., Silva, V. S. G. da, Júnior, J. L. de A. M., & Santana, M. de B. (2018). DIAGNÓSTICO DA PRODUÇÃO DE FEIJÃO-CAUPI NO NORDESTE BRASILEIRO. *Revista Da Universidade Vale Do Rio Verde*, 16(2), 1–5. <https://doi.org/10.5892/ruvrd.v16i2.4380>

Silveira, S. V. da, Souza, P. V. D. de, & Koller, O. C. (2002). Influência de fungos micorrízicos arbusculares sobre o desenvolvimento vegetativo de porta-enxertos de abacateiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(3), 303–309. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000300011>

Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-012370526-6.50001-5>

Souza, V. C. de, Silva, R. A. da, Cardoso, G. D., & Barreto, A. F. (2006). Estudos sobre fungos micorrízicos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola E Ambiental*, 10(3), 612–618. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000300011>

Stocco, P., Santos, J. C. P. do, Vargas, V. P., & Hungria, M. (2008). Avaliação da biodiversidade de rizóbios simbioses do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em Santa Catarina. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 32(3), 1107–1120. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300019>

Stoffel, S. C. G., Armas, R. D. de, Giachini, A. J., Rossi, M. J., Gonzalez, D., Meyer, E., Nicoleite, C. H., Rocha-Nicoleite, E., & Soares, C. R. F. S. (2016). Micorrizas arbusculares no crescimento de leguminosas arbóreas em substrato contendo rejeito de mineração de carvão. *Cerne*, 22(2), 181–188. <https://doi.org/10.1590/01047760201622021969>

Tavares, D. S. (2020). Estresse salino em plantas de Feijão Caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.): germinação e efeitos da associação com fungo micorrízico arbuscular. *Acervodigital.ufpr.br*. <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/66333>

Willems, A. (2006). The taxonomy of rhizobia: an overview. *Plant and Soil*, 287(1/2), 3–14. <https://www.jstor.org/stable/24125398>

Xavier, G. R., Knupp, A. M., Drechsel, M. M., Júnior Batista, C. B., Bohm, G., Rombaldi, C., Faria, J. C. de, Meissner Filho, P. E., Urquiaga, S., Boddey, R. M., Alves, B. J. R., Correia, M. E. F., & Rumjanek, N. G. (2008). Biossegurança de plantas geneticamente modificadas: efeito sobre microrganismos não-alvo. *Www.alice.cnptia.embrapa.br*. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/217606>

Xiong, H., Shi, A., Mou, B., Qin, J., Motes, D., Lu, W., Ma, J., Weng, Y., Yang, W., & Wu, D. (2016). Genetic Diversity and Population Structure of Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Plos One*, 11(8), e0160941. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160941>

Zilli, J. É., Marson, L. C., Marson, B. F., Gianluppi, V., Campo, R. J., & Hungria, M. (2008). Inoculação de *Bradyrhizobium* em soja por pulverização em cobertura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 43(4), 541–544. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2008000400014>

Zilli, J. É., Marson, L. C., Marson, B. F., Rumjanek, N. G., & Xavier, G. R. (2009). Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. *Acta Amazonica*, 39(4), 749–757. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000400003>