

MARISÂNGELA VIANA BARBOSA

UTILIZAÇÃO DE RIZÓBIOS E FUNGO MICORRIZICO
ARBUSCULAR NA IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA AGROFLORESTAL NO SEMIÁRIDO
PERNAMBUCANO

Serra Talhada-PE

2013

MARISÂNGELA VIANA BARBOSA

UTILIZAÇÃO DE RIZÓBIOS E FUNGO MICORRIZICO
ARBUSCULAR NA IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA AGROFLORESTAL NO SEMIÁRIDO
PERNAMBUCANO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada UFRPE/UASt, Como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

ORIENTADOR: Prof. Profa. Dra. Carolina Etienne Rosália e Silva Santos

CO-ORIENTADOR: Dra. Ana Dolores Santiago de Freitas

Dr. Alexandre Tavares Rocha

Serra Talhada-PE

2013

Ficha catalográfica

B238u Barbosa, Marisângela Viana.
Utilização de rizóbios e fungo micorrízico para implantação
de um sistema agroflorestal no Semiárido Pernambucano /
Marisângela Viana Barbosa. – 2013.

77 f.: il.

Orientadora: Carolina Etienne Rosália e Silva Santos.
Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco. Unidade
Acadêmica de Serra Talhada, Serra Talhada, 2013.

Inclui Referências.

1. Leguminosas arbórea. 2. Fungos - inoculação. 3. Feijão
Caupi. I. Rocha, Alexandre Tavares, orientador. II. Freitas, Ana
Dolores Santiago de, Co-orientador. III. Rocha, Alexandre
Tavares, Co-orientador. IV. Título.

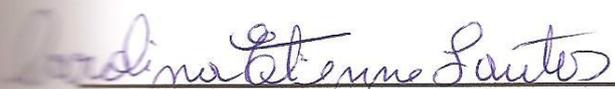
CDD 631

MARISÂNGELA VIANA BARBOSA

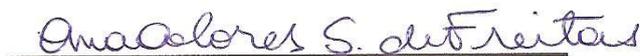
UTILIZAÇÃO DE RIZÓBIOS E FUNGO MICORRIZICO
ARBUSCULAR NA IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA AGROFLORESTAL NO
SEMIÁRIDOPERNAMBUCANO

Dissertação apresentada à
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Produção Vegetal, para
obtenção do título de Mestre em Produção
Vegetal.

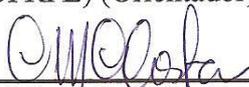
APROVADA: 28 de fevereiro de 2013



Prof. Dra. Carolina Étienne R. S. Santos
(DEPAT/UFRPE) (Orientador)



Prof. Dra. Ana Dolores Santiago de Freitas
(DEPA/UFRPE) (Co-orientador)



Dra. Cynthia Maria Carneiro Costa
(UFRPE/UAST)



Dra. Luzia Ferreira da Silva
(UFRPE/UAST)

Serra Talhada-PE

2013

À minha família pela confiança e compreensão, em especial a minha mãe pelo apoio incondicional em todas as minhas decisões.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me proporcionado a conclusão dessa etapa da minha vida, me fortalecendo nos momentos de dificuldades.

Aos meus pais, Marinalva Viana e Matias Lira, por toda educação me mostrando o caminho da boa convivência discernindo entre o certo e o errado e principalmente pela confiança.

Aos meus irmãos pelo apoio, confiança e respeito, proporcionando um convívio harmonioso na minha família.

A professora Dra. Carolina Etienne Rosália de Silva Santos pela sua orientação, ensinamentos e confiança. Que será sempre a minha referência, pelo exemplo de dedicação, paciência e humildade.

Aos meus co-orientadores Dra. Ana Dolores Santiago e Alexandre Tavares, pelos ensinamentos e apoio.

Ao prof. Rosenberg de Vasconcelos por toda ajuda no desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao Instituto Federal de Pernambuco IFPE Campus Belo Jardim, pela disponibilidade da área experimental, para o desenvolvimento dessa pesquisa.

A todos os colegas de turma pelo apoio.

A Antunes Romeu pela ajuda nos experimentos, amizade, paciência e palavras de apoio nos momentos que mais precisei.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Produção vegetal PGPV que contribuíram para minha formação.

A Unidade Acadêmica de Serra Talhada e ao Programa de Pós-graduação em Produção vegetal, pela oportunidade de fazer parte da primeira turma do mestrado da unidade.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela oportunidade de realizar as análises nos laboratórios de fertilidade e microbiologia.

A FACEPE pelo apoio financeiro.

O papel dos infinitamente pequenos é infinitamente grande.

(Louis Pasteur)

BIOGRAFIA

BARBOSA, VIANA MARISÂNGELA, filha de Marinalva e Matias, nasceu em Correntes-PE, em 28 de Dezembro de 1985. Coursou o nível fundamental no Colégio Normal Municipal DR. Alves Pedrosa, na mesma cidade, e o 1 °, 2 ° e 3 ° ano do nível médio, na Escola Augusto Lúcio da Silva, concluindo em 2004. Em março de 2006, ingressou no Curso de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns UFRPE/UAG. Graduou-se engenheira agrônoma em Fevereiro de 2011. Começou a participar do Projeto Núcleos de Pesquisa e Extensão: AGROFAMILIAR- Rodas de debate e Núcleo de Estudo, Pesquisa e Extensão em agroecologia e agricultura familiar e camponesa UAG/UFRPE, como bolsista do CNPq para recém-formado de janeiro a março de 2011. Ingressando no Curso de Mestrado em Produção Vegetal na Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, em Serra Talhada-PE, em março de 2011 concluindo em fevereiro de 2013.

RESUMO GERAL

BARBOSA, Marisângela Viana MSc. **Utilização de rizóbios e fungo micorrízico para implantação de um sistema agroflorestal no semiárido pernambucano.** 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal – Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE – UAST), Serra Talhada-PE. Orientador: Prof. Dr. Carolina Etienne Rosália e Silva Santos. Co-orientadores: Dr. Ana Dolores Santiago de Freitas e Dr. Alexandre Tavares Rocha.

RESUMO - A utilização de sistemas agroflorestais (SAFs), tem sido uma alternativa para reduzir os impactos ambientais e auxiliar na recuperação de áreas degradadas. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação de estirpes de rizóbios e fungos micorrizicos arbusculares associados a leguminosas arbóreas consorciadas com o feijão caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] em SAF's. A produção de mudas foi realizada no viveiro da UFRPE/UAST. Utilizando sementes de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.). As sementes foram desinfetadas e inoculadas com estirpes de rizóbios nativos (S1LRJ e S1003) e recomendados pela EMBRAPA (Semia 6069 e BR 3405) para leucena e sabiá respectivamente, semeadas em recipientes com solo. Após 100 dias de emergência foram plantadas em uma área experimental do IFPE, Campus de Belo Jardim, PE. A parcela foi composta por 8 arbóreas com espaçamento de 4,0 x 2,5 m, metade inoculada com *Gigaspora margarita*. O delineamento foi em blocos casualizados (DBC) em fatorial 2x2x4 (com e sem micorriza, rizóbios nativos e recomendados, e quatro épocas de avaliação) 3 blocos, em parcelas subdivididas, sendo avaliada cada espécie isoladamente. As avaliações foram realizadas na implantação, aos 60, 120 e 180 dias determinando: altura de planta (AP), diâmetro do colo das plantas (DC) e a relação da altura a planta pelo diâmetro RAPDC. Aos 60 dias, foi plantado o caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) cultivar IPA 206, inoculada com a estirpe (BR 3267) em um espaçamento de 0,5 x 0,5 m. Avaliando o efeito dos diferentes tratamentos sobre o feijão em DBC com fatorial 4x2x2 (duas arbóreas, com e sem micorriza e com e sem estirpes de rizóbios) em parcela subdivididas. Determinou-se a massa seca da parte aérea (MSPA), produtividade (Kg ha⁻¹), N total da parte aérea, biomassa microbiana do solo (BMS) e carbono orgânico. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. Foi observado um maior desenvolvimento para as mudas de sabiá, não havendo efeito isolado

dos tratamentos, observando-se interação para *G. margarita* e rizóbio S1003. Não houve influência dos tratamentos para produtividade, N total e MSPA do caupi e para o solo C orgânico e BMS. Este estudo mostra a importância do conhecimento das interações micro-organismo/planta, para otimizar a aplicação da biotecnologia na produção vegetal.

Palavras-chave: leguminosas arbóreas, inoculação, caupi, fixação biológica de nitrogênio.

ABSTRACT

BARBOSA, Marisângela Viana MSc. **Use of rhizobia and mycorrhizal fungi to implement an agroforestry system in semi-arid Pernambuco.** 2013. 77 f. Dissertation (Mestrado em Produção Vegetal – Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE – UAST), Serra Talhada-PE. Adviser: Profa. Dra. Carolina Etienne Rosália e Silva Santos. Co-advisors: Dra. Ana Dolores Santiago de Freitas e Dr. Alexandre Tavares Rocha.

ABSTRACT - The use of agroforestry systems (SAF's) has been an alternative to reduce environmental impacts and assist in the recovery of degraded areas. In this context, the aim of this study was to evaluate the effect of inoculation with rhizobia strains and arbuscular mycorrhizal fungi associated with legume trees intercropped with cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] in SAF's. Seedling production was carried out in the greenhouse of UFRPE / UAST. Using seeds of leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) and mimosa (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). The seeds were disinfected and inoculated with strains of native rhizobia (S1LRJ and S1003) and recommended by EMBRAPA (Semia 6069 and BR 3405) for leucaena and mimosa respectively, sown in containers with soil. After 100 days of emergency were planted in an experimental area of IFPE, Campus Belo Jardim, PE. The plot was composed of eight trees with spacing of 4.0 x 2.5 m, half inoculated with *Gigaspora margarita*. The experimental design was in randomized block (DBC) in factorial 2x2x4 (with and without mycorrhiza, native and recommended rhizobia, and four times of assessment) with 3 blocks in split plot, each species being assessed separately. Evaluations were performed at implantation, at 60, 120 and 180 days by determining: plant height (AP), stem diameter of plants (DC) and the ratio of the height and diameter (RAPDC). At 60 days, was planted cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Cultivar IPA 206, inoculated with strain (BR 3267) at a spacing of 0.5 x 0.5 m. Assessing the effect of different treatments on beans in DBC with factorial 4x2x2 (two trees with native and recommended rhizobia, with and without mycorrhiza and with and without rhizobia strains to cowpea) in split split plot. Determined shoot dry mass (MSPA), yield (kg ha^{-1}), shoot total N, soil microbial biomass (BMS) and organic carbon. Data were subjected to analysis of variance and means were compared by Tukey test at 5% probability. Was observed highest developing in mimosa seedlings, with no isolated effect of the treatments, occurring interaction to *G. margarita* and *Rhizobium* S1003. There was

no influence of treatments for yield, total N and MSPA of cowpea and soil organic C and BMS. This study shows the importance of understanding the interactions micro-organism/plant to optimize the application of biotechnology in crop production.

Keywords: tree legumes, inoculation, cowpea, biological nitrogen fixation

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Produção de mudas em viveiro: **A)** sacos de polietileno contendo solo usado na produção das mudas; **B)** estande de plantas das mudas das arbóreas; **C e D)** mudas de sabiá e leucena respectivamente..... 45
- Figura 2-** Croqui da área experimental utilizada para implantação do sistema agroflorestal em consórcio com feijão-caupi. Arbóreas **C/M** – com micorriza; e arbórea **S/M** – sem micorriza..... 59
- Figura 3-** Procedimentos utilizados para determinação da biomassa microbiana do solo (RBS). **A** - incubação das amostra utilizando beckars de 100 ml para o solo e para a solução de NaOH em recipiente vedado. **B** – armazenamento dos recipiente na ausência de luz..... 60
- Figura 4-** Avaliação dos parâmetros de crescimento das arbóreas leucena e sabiá em função do tempo. **A** - altura da mudas (AP); **B** – diâmetro do colo da planta (DC) e **C** – relação altura diâmetro do colo (RAPDC)..... 64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Nodulação e desenvolvimento de mudas de leucena inoculadas com estirpes de rizóbios em solo do semiárido de Pernambuco. NF - número de folha; ND – número de nódulos; DC – diâmetro do colo da planta; AP – altura da planta; H/D – relação altura da planta e diâmetro do colo e o IQD – Índice de Qualidade de Dickson.....	47
Tabela 2-	Desenvolvimento de mudas de sabiá inoculadas com estirpes de rizóbios em solo do semiárido de Pernambuco. AP – altura da planta; DC – diâmetro do colo da planta; NF - número de folha; Relação H/D – relação altura da planta e diâmetro; e o IQD – Índice de Índice de Qualidade de Dickson.....	48
Tabela 3-	Avaliação da inoculação do feijão-caupi consorciado com arbóreas micorrizadas <i>G. margarita</i> em SAF's. Sabiá (S1003 – nativo e BR 3405 - recomendado) e leucena (S1LRJ - nativo e Semia 6069 - recomendado) e para o caupi (BR 3267). MSPA – massa seca parte aérea; N total – nitrogênio total parte aérea e grãos – produtividade.	61
Tabela 4-	Avaliação das interações entre fungos micorrizicos arbusculares e rizóbios nas mudas de sabiá em função do tempo de crescimento (implantação, 60, 120 e 180 dias). RAPDC - relação da altura da planta pelo diâmetro do caule e diâmetro das plantas; DC – diâmetro do caule; S1003 - estirpe nativa; BR 3405 - estirpe recomendada; <i>G. margarita</i> (C – inoculada e S – não inoculação).....	66
Tabela 5-	Avaliação do carbono orgânico do solo, em amostras de solo do SAFs', sobre influência dos processos biológicos, consorciados com arbóreas inoculadas com micorrizas. Rizóbio nas mudas de sabiá (S1003 – nativo e BR 3405 - recomendado) e leucena (S1LRJ - nativo e Semia 6069 - recomendado) e para o caupi (BR 3267). E a micorriza <i>G. margarita</i> usada no plantio.....	67

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
1- INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2- REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1- SOLOS E SISTEMAS AGRÍCOLAS.....	15
2.2- ÁREAS DEGRADADAS.....	16
2.3- VEGETAÇÃO DE CAATINGA.....	16
2.4- DIVERSIDADES DE MICRORGANISMOS.....	19
2.5- BIOMASSA MICROBIANA.....	21
2.6- FUNGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES (FMAs).....	23
2.7- RIZÓBIOS.....	25
2.8- FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO (FBN).....	26
2.9- BIOTECNOLOGIAS APLICADA A AGRICULTURA.....	28
2.10- SISTEMAS AGROFLORESTAIS (SAF's).....	30
2.11- PRODUÇÃO AGRÍCOLA – CAUPI.....	31
3- REFERÊNCIAS.....	33
CAPÍTULO 1- AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE RIZÓBIOS, NO CRESCIMENTO E NODULAÇÃO DE MUDAS DE LEUCENA (<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.) E SABIÁ (<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.).....	40
RESUMO.....	40
ABSTRACT.....	41
1-INTRODUÇÃO.....	42
2-MATERIAL E METÓDOS.....	44
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5- CONCLUSÕES.....	48
6- REFERÊNCIAS.....	48

CAPÍTULO 2- UTILIZAÇÃO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS EM SISTEMA AGROFLORESTAL ASSOCIADA À INOCULAÇÃO EM CONSÓRCIO COM FEIJÃO-CAUPI.....	51
RESUMO.....	51
ABSTRACT.....	53
1- INTRODUÇÃO.....	55
2- MATERIAL E MÉTODOS.....	57
2.1- ÁREA EXPERIMENTAL.....	57
2.2- ESPÉCIES UTILIZADAS.....	57
3- RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
3.1- AVALIAÇÃO DO CAUPI.....	60
3.2- AVALIAÇÃO DAS ARBÓREAS.....	63
3.3- AVALIAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO E BIOMASSA MICROBIANA DO SOLO.....	66
4- CONCLUSÕES	68
4- CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
5- REFERÊNCIAS.....	69

1- INTRODUÇÃO GERAL

A expansão da agricultura e da pecuária com o uso de manejos não sustentáveis dos recursos naturais causaram sérios problemas ambientais, que associados à baixa fertilidade natural dos solos tropicais, originou a agricultura migratória. A redução da vegetação nativa diminui a biodiversidade da fauna e da flora, provocando erosões, perdas da fertilidade, redução dos potenciais produtivos, causando a degradação dos diferentes biomas e comprometendo a sustentabilidade dos sistemas agrícolas.

Por outro lado, o crescimento da população mundial atingiu cerca de 7 bilhões em 2011, havendo a necessidade da inserção de novas áreas ou aumento da produtividade por área cultivada, por meio da aplicação de tecnologias agroecológicas que aumentem a produção, diminuindo dessa forma, o avanço das fronteiras agrícolas tornando a atividade mais sustentável, (NOVAIS et al., 2007; PERREIRA & RODRIGUES, 2011 ARAÚJO & MELO, 2012). Com isso, garantindo a produção de alimentos e a sobrevivência das gerações futuras.

Um dos biomas mais afetados pela degradação é a vegetação da Caatinga, principalmente pela extração de madeira e desmatamento para agricultura e pecuária, sendo considerado um ecossistema frágil, do ponto de vista socioeconômico e, principalmente, ambiental, pelas suas características edafoclimáticas, onde a escassez de água e os efeitos climáticos dificultam o desenvolvimento das plantas e a resiliência natural do ambiente, o que reduz a diversidade de espécies e aumenta o desequilíbrio do ecossistema (LINS et al., 2007; ARAÚJO FILHO et al., 2007).

A comunidade científica juntamente aos produtores vem buscando outras formas de manejo do solo em ambientes tropicais, através da implantação sistemas alternativos de produção sustentável. E os sistemas agroflorestais (SAFs') apresentam uma estratégia viável do ponto de vista socioambiental, principalmente para agricultura de base familiar, difundidos nas mais diversas regiões do País (SILVA et al., 2011). Eles são uma importante alternativa de uso sustentável, por ser o modelo de exploração do solo que mais se aproximam ecologicamente da floresta natural (SILVA, 2008). Os SAF's são caracterizados pela diversificação de espécies arbóreas florestais ou frutíferas consorciadas com culturas agrícolas anuais, e busca otimizar o uso da terra, conciliando a preservação da vegetação com a produção de alimentos com baixo uso de insumos externos (FRANCO et al., 2002; FLORENTINO et al., 2007; PERREIRA & RODRIGUES, 2011).

A diversidade microbiana possui importância fundamental, na formação do solo, na ciclagem de nutrientes, e na fertilidade do solo. Estudos dessa dinâmica foram realizados ao longo da modernização da agricultura, utilizando a fertilização biológica baseado no uso da inoculação (BRAHMAPRAKASH & SHU, 2012). A biotecnologia que utiliza inoculantes gera grandes benefícios socioeconômico e ambiental, por diminuir o uso de fertilizantes solúveis e reduzir os custos de produção. Um dos maiores exemplo da agricultura biológica é a soja, cujo nitrogênio utilizado pela cultura é proveniente da fixação de nitrogênio (FIGUEIREDO et al., 2008).

Os micro-organismos podem colonizar diferentes nichos, apresentando as mais diversas formas de interações, habitando até mesmos em condições extremas (ANDREOTE et al., 2009; RAMOS-ZAPATA et al., 2011). Sua interação com as espécies vegetais proporciona diversos efeitos benéficos, elevando a capacidade de sobrevivência das plantas no solo, por meio da expansão do sistema radicular, quando por exemplo, em simbiose com os fungos micorrízicos, aumentando a capacidade de absorção de nutrientes (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; CHAGAS JUNIOR et al., 2010; BRAHMAPRAKASH & SAHU, 2012).

Os processos biológicos são utilizados em SAFs', para acelerar o restabelecimento e equilíbrio das áreas degradadas, por proporcionar grandes benefícios, pela deposição de serrapilheira disponibilizando nutrientes para as plantas (SANTOS et al., 2008). A serrapilheira é considerada uma variável biológica que é utilizada no monitoramento da qualidade ambiental através da quantificação da biomassa microbiana do solo (SILVEIRA & FREITAS, 2007). O grupo de plantas amplamente utilizado são as leguminosas, pela sua grande importância ecológica em associação natural com os micro-organismos ou potencializada através da inoculação (FIGUEIREDO et al., 2008).

Neste contexto, este estudo teve por objetivo avaliar o efeito da inoculação de estirpes de rizóbios e fungos micorrizicos arbusculares, associados às leguminosas arbóreas e consorciadas com o feijão caupi em sistema agroflorestal SAF's.

2- REVISÃO DE LITERATURA

2.1- SOLOS E SISTEMAS AGRÍCOLAS

O solo é considerado um habitat heterogêneo e complexo, que abriga organismos de diferentes metabolismos interagindo de forma dinâmica e equilibrada, favorecendo uma ampla biodiversidade, influenciando o ambiente edáfico e sendo influenciada por ele (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). É resultante da ação dos diversos fatores de formação, da natureza das partículas e do grau de intemperismo no decorrer da evolução. É um recurso natural vital para o funcionamento do ecossistema terrestre, que representa um balanço entre as frações sólida, líquida e gasosa (SANTOS et al., 2008; ARAÚJO & MELO, 2012).

A fração líquida é constituída pela água e materiais dissolvidos, a fração gasosa composta por gases atmosféricos em diferentes proporções. Já a fase sólida, representa cerca de 50 % do volume total de solo, é composta pelas frações inorgânica (rocha e minerais) com cerca de 45 a 49 % e orgânica, raízes, macro e microrganismos com metabolismo ativo e inativo e matéria orgânica do solo (MOS) em diferentes estágios decomposição de 1 a 5% (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; ARAÚJO & MELO, 2012). Os micro-organismos são responsáveis pelos principais processos biogeoquímicos, que mantém o equilíbrio do sistema solo-planta-atmosfera (SILVEIRA & FREITA, 2007).

De forma natural, as características climáticas dos ecossistemas brasileiros, possibilitam uma alta diversificação de espécies no decorrer de todo o ano. Porém, em temos de aptidão agrícola, o principal fator limitante tem sido a baixa fertilidade associada ao manejo incorreto do solo, influenciado diretamente na dinâmica e equilíbrio natural dos ecossistemas (NOVAIS et al., 2007). A expansão das áreas agricultáveis ocasionaram sérios problemas socioambientais, que reduziram a biodiversidade, aumentando a utilização de fertilizantes, e a contaminação dos solos e lençóis freáticos, atingindo situações econômicas e ambientalmente insustentáveis.

Com a agricultura convencional, o uso intenso da mecanização, a extração dos nutrientes do solo pelas culturas sem reposição, tem motivado cada vez mais o desmatamento da vegetação natural. Tornando-se eminente a necessidade de diferentes práticas de conservação, e de recuperação da biodiversidade dos diferentes biomas, aumentando a capacidade produtiva dos solos (FIGUEIREDO et al., 2008).

Pesquisas têm mostrado os efeitos da modernização do espaço agrário brasileiro, avaliando as diferentes práticas conservacionistas de manejo, inovação científica e tecnológicas para preservação da fertilidade dos solos. A importação de tecnologia permitiu a implantação do plantio direto, um dos sistemas de produção mais promissores da agricultura moderna, adotado nos solos do cerrado brasileiro na segunda metade do XX, que combina práticas biológico-culturais com práticas mecânico-química (NOVAIS et al., 2007).

Outra forma de cultivo, que tem sido utilizado principalmente na região semiárida, são os Sistemas Agroflorestais (SAF's), formado pela associação de espécies arbóreas e agrícolas, baseado na dinâmica da sucessão natural (GARIGLIO et al., 2010; PALUDO & COSTABEBER, 2012). Uma das práticas mais antiga, utilizada pela comunidade indígena, que hoje tem sido adotada por pequenos e médios produtores, que depende quase exclusivamente da disponibilidade de nutriente a partir da decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) (SANTOS et al., 2008; FLORENTINO et al., 2007).

Associados aos diferentes sistemas de manejos, os processos biológicos têm sido amplamente aplicados, com o propósito de auxiliar na disponibilidade de nutrientes para as plantas. Contudo, o conhecimento da biodiversidade do solo, e da dinâmica das relações ecológicas e funcionais com o ambiente edáfico e com as plantas, tem sido o grande desafio para a pesquisa do século XXI (NANNIPIERI et al., 2003; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

2.2- ÁREAS DEGRADADAS

A degradação dos solos é tida como o empobrecimento generalizado dos ecossistemas, principalmente nas áreas áridas, semiáridas e subúmidas com incidência de processos de desertificação. Esse nível depende da vulnerabilidade do ecossistema, da degradação ambiental, da vegetação, do regime hídrico e da sequência de modificações regressivas do solo. A degradação também pode ocorrer de forma natural, pela ação do vento, dos terremotos, queda de árvore e intensa precipitação da chuva, porém, a resiliência natural proporciona a sua reabilitação (LEITE et al., 1993; LEAL et al., 2005; NOVAIS et al., 2007).

Dados mostram que cerca de 75 milhões de toneladas de solo são perdidas por ano em todo planeta, em função do manejo incorreto dos solos, que aceleraram o

processo de degradação e desertificação. O Brasil é totalizado basicamente pelo semiárido, uma zona propícia à degradação devido a suas características edafoclimáticas e intenso uso do solo. A Região Nordeste é a área mais atingida por esses fatores que causam degradação, principalmente a vegetação de caatinga, da qual 15 % já se encontram em processo de desertificação (LEAL et al., 2005; NOVAIS et al., 2007).

No decorrer da modernização da agricultura o avanço das fronteiras agrícolas, o desmatamento e a intensa mobilização do solo, ocasionaram vários problemas ambientais. A redução da vegetação nativa tornou as áreas descobertas suscetíveis à ação dos fatores edafoclimáticos, ocorrendo perdas da fertilidade do solo através do transporte de sedimentos, redução do potencial produtivo, e o abandono das áreas improdutivas originando agricultura migratória (FRANCO et al., 1995; LEAL et al., 2005).

Na agricultura convencional a utilização indiscriminada de insumos é o principal responsável pela contaminação do solo e água, que atingi os lençóis freáticos e compromete a qualidade dos alimentos e a sobrevivência das gerações futuras. O uso incorreto das áreas agricultáveis causa a escassez de nutrientes, e torna a produção vegetal cada vez mais dependente dos fertilizantes químicos, elevando os custos de produção e os problemas socioambientais (FIGUEIREDO et al., 2008).

Com a atividade agropecuária as áreas de pastagens atingiram 180 milhões de hectares, dos quais mais da metade está em estágio de degradação (EMBRAPA, 2013). Este avanço das áreas de pastagens ocorreu em função da necessidade crescente de produtos de origem animal, considerada uma das maiores fontes de degradação do planeta (NOVAIS et al., 2007). Em muitos casos as pastagens são formadas sem conhecimento agrônômico por meio das queimadas, que ocorre o preenchimento dos poros pelas cinzas e compacta o solo, e através do manejo pela superlotação animal no pastejo, reduzindo a capacidade de infiltração da água causando erosão (LEITE et al., 1993),

Os solos brasileiros naturalmente apresentam baixa fertilidade e com o avanço da erosão hídrica, pela intensa precipitação, pode causar a lixiviação de nutrientes. Esses processos intensificaram as perdas de solo e o surgimento das ravinas, que em estágio mais avançado formam as voçorocas e torna as áreas insustentáveis (NOVAIS et al., 2007). A cobertura vegetal é de grande importância para diminuir esse tipo de degradação ambiental, por proporcionar uma maior estabilidade da agregação das

partículas solo, deposição de serrapilheira e acúmulo de matéria orgânica melhorando a fertilidade do solo.

A contaminação, pelo acúmulo de metais pesados, decorrente das atividades dos diversos ramos industriais e da mineração, pode atingir os mananciais e solo e ser transportado com facilidade quando em solução, chegando a elevadas concentrações que desencadeia processos tóxicos para vidas aquáticas. Além de elevar as concentrações biológicas da água ou solo apresenta sinais de estresse pelos animais, afeta as atividades metabólicas e os processos respiratórios e fotossintéticos (FIGUEIREDO et al., 2008).

O processo de salinização na região semiárida, geralmente é consequência do manejo incorreto da irrigação, causa perda de produtividade por afetar o metabolismo das plantas. Pois, o elevado teor de sais aumenta o potencial osmótico da solução do solo e reduz a eficiência fotossintética e o potencial produtivo das áreas agrícolas. A expansão do processo de salinização somente deixará de ocorrer quando houver conscientização quanto à capacidade produtiva dos solos brasileiros, principalmente da região semiárida nordestina (FREIRE & FREIRE, 2007). A degradação dos solos agrícolas gera instabilidade na produção de alimentos, e torna eminente a necessidade de preservar e recuperação as áreas degradadas e garantir a segurança alimentar.

2.3- VEGETAÇÃO DE CAATINGA

O Brasil apresenta a maior biodiversidade do mundo, de animais, plantas e micro-organismos com 55 mil espécies, o equivalente a 21% do total classificado em todo o mundo. A vegetação de Caatinga em um dos principais Biomas que compõe essa biodiversidade, formada por um grande número de espécies das famílias Cactácea, Bromeliácea e Fabaceae, com vegetação arbórea, arbustivas com características xerofíticas e caducifólias com grande diversidade ecológica natural. Que abrange grandes áreas do nordeste brasileiro, se estendendo pelos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e a parte nordeste de Minas Gerais, abrangendo cerca de 734.478 km², o que equivale a cerca de 11% do território nacional (SILVEIRA et al., 2005; LEAL et al., 2005).

A Caatinga é o ecossistema cujos limites estão inteiramente restritos ao território nacional (SANTOS et al., 2008). Cujas vegetação é amplamente explorada, pelo avanço da agricultura, pecuária e principalmente pelo extrativismo, sendo um ambiente frágil,

tanto do ponto de vista ambiental quanto socioeconômico. Considerado o bioma menos protegido e o mais degradado do mundo, onde as entidades de conservação abrangem apenas 2% de seu território. Além disso, os efeitos climáticos e a escassez de água dificultam o desenvolvimento das plantas, o que reduz a diversidade de espécies (LEAL et al., 2005; MOREIRA et al., 2006; LINS, et al., 2007).

As espécies com grande predominância na caatinga são as leguminosas, que possui elevada importância ecológica para os ecossistemas. As principais famílias mais encontradas são: *Caesalpinaceae*, *Mimosaceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae* e *Cactaceae* (LEAL et al., 2005). Algumas das principais espécies que compõem essa biodiversidade são: o angico (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.), pau-ferro (*Caesalpinia ferrea* Mart. ex. Tul.), catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul.), mororó (*Bauhinia* sp.), juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.), jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret), feijão bravo (*Phaseolus firmulus* Mart.), mata-pasto (*Senna* sp), a mucunãs (*Stylozobium* sp), cunhãs (*Centrosema* sp) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). Também podem ser encontradas espécies exóticas, como a leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) leguminosa de múltiplo uso e larga adaptação, mais que pode ser encontrada em todas as regiões tropicais (LEAL et al., 2005; OLIVEIRA, 2009).

O bioma Caatinga apresenta grande importância para o equilíbrio dos ecossistemas, e as unidades de conservação junto às instituições de pesquisas, mostram a necessidade de preservar e recuperar os sistemas degradados, para evitar a perda da biodiversidade e a extinção das espécies.

2.4- DIVERSIDADES DE MICRO-ORGANISMOS

Os micro-organismos são os principais componentes da biodiversidade, que habitam nos mais diversos nichos da biosfera, responsáveis pela manutenção dos processos biogeoquímicos e o equilíbrio dos ecossistemas. Eles são as maiores fontes de diversidade do planeta, ocupa cerca de 0,5% do espaço poroso do solo, aumentando, significativamente, essa densidade nas regiões rizosféricas, em função dos exudatos que são liberados pelas raízes das plantas (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; FIGUEIREDO et al., 2008).

No decorrer do processo evolutivo, há milhões de anos, os procariotos originaram a riqueza de espécies que conhecemos e a grande diversidade morfológica, fisiológica, ecológica e taxonômica de bactérias (VARGA & HUNGRIA, 1997). O

estudo da filogenia permitiu agrupamento desses organismos em três domínios (Archaea, Bactéria e Eucarya), com atuação nas mais diversas funções essenciais nos ecossistemas (FIGUEIREDO et al., 2008; ANDREOTE et al., 2009; ARAÚJO & MELO, 2012).

A microbiologia é uma das áreas da ciência de maior importância para os estudos de diversidade, nas suas mais diversas formas de atuação, e com o advento da biologia molecular, permitiu-se a identificação das comunidades de microrganismos a nível de espécies, através de sequenciamento do 16S do rDNA, porém, é conhecido somente de 1% dos micro-organismos do solo (SILVEIRA & FREITAS, 2007; FIGUEIREDO et al., 2008). A funcionalidade dos micro-organismos, dentro dos ecossistemas, permitiu o desenvolvimento de tecnologias por meio da utilização de espécies de interesse econômico, para indústria, medicina e principalmente para a agricultura, tornando-se uma grande alternativa para sustentabilidade ambiental agrícola (SILVEIRA & FREITAS, 2007).

Dentre os diversos grupos funcionais de micro-organismos do solo, algumas bactérias têm sido bastante estudadas, entre elas estão os gêneros de: *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium*, *Azospirillum*, *Mesorhizobium*, entre outros, por apresentarem a capacidade de fixar nitrogênio atmosférico (VARGA & HUNGRIA, 1997). Esses grupos são encontrados nos mais diversos nichos do planeta, de vida livre, endofíticos, epifíticos, que apresenta relações simbióticas, patogênica ou neutra e influencia direto ou indiretamente nos mais diversos processos existentes na natureza, auxiliando no crescimento e desenvolvimento das plantas. (FIGUEIREDO et al., 2008)

O grupo de micro-organismos denominados de Promotores de Crescimento vegetal que atuam na decomposição da matéria orgânica MOS (mineralização e imobilização), agregação das partículas, na solubilização de fosfato inorgânico, nos indutores de resistência sistêmica ao controle de doenças, nos produtores de ácido indol acético (AIA), no controle biológico, na decomposição de xenobióticos, na fitorremediação em solos contaminados por metais pesados, na recuperação de solos salinos, na fixadores de nitrogênio, nos fungos micorrízicos, entre outros (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; FIGUEIREDO et al., 2008; ARAÚJO & MELO, 2012; RAMOS, 2011). Além disso, os microrganismos que produzem metabólitos secundários são amplamente utilizados pela indústria e farmacologia (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Os micro-organismos representam a base da sustentabilidade e produtividade dos ecossistemas terrestres, contribui para melhoria física e química do solo. Por ser sensível a atividade antrópica, os micro-organismos tem sido utilizados como parâmetro no monitoramento da qualidade ambiental, através da quantificação da atividade microbiana (respiração-RBS). Tal processo que determina a evolução do CO₂, oriundo da respiração de microrganismos heterotróficos aeróbios, durante a oxidação de compostos orgânicos presente no solo (ASSIS JÚNIOR et al., 2003; MORREIRA & SIQUEIRA, 2006; FIGUEIREDO, et al., 2008; ARAÚJO & MELLO, 2012).

2.5- BIOMASSA MICROBIANA

A biomassa microbiana do solo (BMS) é definida como o componente vivo da matéria orgânica do solo, com exceção da macrofauna. A fração viva, geralmente está entre 1 a 5% do total de matéria orgânica, com cerca de 5 a 10% de raízes; de 15 a 30 % de componentes da macrofauna e 60 a 80% de micro-organismos, que representa a maior parte da matéria orgânica viva do solo a biomassa microbiana do solo. Essa microbiota é composta principalmente pelos grupos de Archea, Bactéria, Fungi e Protoctista, representada pelos fungos, bactérias, actinomicetos, leveduras e protozoários (ARAÚJO & MELO, 2012).

Os micro-organismos do solo representam a maior biodiversidade do planeta, fundamentais na conservação dos recursos naturais e responsáveis por mais de 95% dos processos de decomposição MOS. Eles atuam como um importante reservatório de nutrientes disponíveis para as plantas, podendo apresentar de 2 a 5 % de C total, de 1 a 5% de N total e de 1 a 3 % de enxofre. Participam diretamente dos ciclos biogeoquímicos e da ciclagem de nutrientes, mediando suas disponibilidades nos solos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; FIGUEIREDO et al., 2008; ARAÚJO & MELO, 2012).

Os nutrientes acumulados na biomassa do solo podem atingir valores equivalentes a 100 kg de nitrogênio, 80 kg de fósforo, 70 kg de potássio e 11 kg de cálcio por hectare. Essa biomassa é reciclada até 10 vezes mais rápido do que a fração orgânica morta do solo, contem uma quantidade de nutrientes acumulada nas células microbianas, apresenta características agronomicamente de grande importância, permitindo que os nutrientes sejam liberados gradativamente para nutrição das plantas,

diminuindo perdas por lixiviação (SILVEIRA & FREITAS, 2007; SILVEIRA & FREITAS, 2007).

A BMS é utilizada como um indicador do equilíbrio do solo, mediante qualquer interferência antrópica. A redução da microbiota prejudica a imobilização temporária de nutrientes e causa o empobrecimento do solo. Portanto, no solo a MO é acumulada por meio da biomassa e detritos orgânicos, onde o balanço da produção de BMS, estabilização de detritos, e a mineralização gera o equilíbrio do ecossistema. Quando esse equilíbrio é rompido pela ação antrópica, altera os padrões de produção primária ocorre a perda de MO e da estabilização do sistema (VARGAS & HUNGRIA, 1997; SILVEIRA & FREITAS, 2007).

A BMS do solo reflete o acúmulo de matéria orgânica e textura, em solos de clima temperados, os valores proporcionais de biomassa microbiana situam-se em torno de 2 % do total de C orgânico (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006). Nos solos de clima tropical da Amazônia, os valores de biomassa correspondem a 3 e 4 % do C orgânico, mostra que a microbiota é mais ativa nos solos tropicais do que em solos temperados (FEIGLET et al., 1995). E para o tipo de solo, nas Regiões tropicais os Latossolos apresentam geralmente maior conteúdo de biomassa, quando comparados aos Neossolos (ARAÚJO & MELO, 2012).

Estudos mostram a dinâmica da BMS nos diferentes sistemas de cultivos, revelou que em Neossolo quartzarênico, foi encontrado valores de 100-120 mg kg⁻¹ de solo enquanto nos Latossolos amarelo os valores de BMS chegaram a 400 mg kg⁻¹ (SAMPAIO et al., 2008; MATIAS et al., 2009). A avaliação da BMS foi observada por (MATIAS et al., 2009) que constaram um incremento significativo quando comparam o sistema de plantio direto (SPD) com sistema de cultivo convencional (SPC), em diferentes profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. A biomassa diminui à medida que a profundidade aumentou, altamente concentrada na superfície e subsuperfície na camada de 1 a 30 cm, portanto, sendo importante definir a profundidade da amostra em estudo principalmente em diferentes sistemas de cultivos (ARAÚJO & MELO, 2012).

Em solos de vegetação nativa ocorre maior diferença da biomassa na camada de 0 a 5 cm, com maior concentração de resíduos orgânicos, em solos cultivados normalmente há incorporação de resíduos e fertilizantes, na camada de 0 a 20 cm apresentaram maior homogeneidade entre as diferentes profundidades para BMS. Com maior estabilidade nas profundidades maiores que 25 cm, por ser um ambiente menos

perturbado e com menor oxigenação (ARAÚJO & MELO, 2012). Além disso, o regime climático promove variações no conteúdo e na dinâmica da BMS. Em solos tropicais, ocorre um maior teor de BMS nas camadas mais profundas, quando comparados com os solos temperados, por apresentarem temperaturas mais frias em profundidades (ARAÚJO & MELO, 2012).

Já para os Sistemas Agroflorestais (SAF's), são produzidas elevadas quantidades de carbono pelo acúmulo de serrapilheira, aumenta a atividade biológica e a sustentabilidade ambiental (ARAÚJO & MELO, 2012). Além de tudo, a velocidade de decomposição dos resíduos orgânicos depende da relação C/N, quando apresenta uma baixa relação favorecem a decomposição/mineralização. Os resíduos das leguminosas de uma maneira geral, são rapidamente decompostos enquanto que, gramíneas são mais lento, por apresentar uma alta relação C/N (ARAÚJO & MELO, 2012).

A maior biomassa viva do planeta é composta pelas comunidades microbianas. Portanto, o acúmulo de BMS em especial nos solos tropicais, é de grande importância, e pode reduzir as perdas de nutrientes através da biomassa dos micro-organismos. Além de ser um sensível indicador biológico da qualidade dos solos, responde as alterações no processo edáfico, essencial para sustentabilidade agrícola ambiental (FIGUEIREDO et al., 2008; KNUPP & FERREIRA, 2011).

2.6 - FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMAs)

Os fungos micorrizicos arbusculares são associações mutualísticas não patogênicas entre fungos benéficos específicos do solo, e o sistema radicular de plantas superiores. Esses organismos pertencem aos gêneros *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Glomus* e *Sclerocystis*, da família Endogonaceae. São caracterizadas pela penetração dos micélios fúngicos inter e intracelulares das raízes sem ocasionar modificações morfológicas. Eles são o grupo de fungos mais abundantes do planeta, principalmente nos ecossistemas tropicais, podendo colonizar até 80% das espécies de plantas, e representar quase 50% da BMS, encontradas geralmente a uma distância de 1 a 3 mm da região rizosférica, recebendo influência das plantas. (VARGAS & HUNGRIA, 1997; FERNANDES, 2006; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; SILVEIRA & FREITAS, 2007).

O conhecimento da diversidade de FMAs foi possível graças ao desenvolvimento das técnicas de biologia molecular, que permitiu o estudo da taxonomia e ecologia na

rizosfera e dentro das raízes. Os FMAs são encontrados na mais variadas regiões influenciados pelas condições edafoclimáticas, pelo manejo dos solos, e pela diversidade de espécies de plantas, como foi observado em estudos no cafeeiro uma grade diversidade de espécies 45, colonizando 80% das raízes, a maioria do gênero *Glomus* (MOREIRA & SIQUEIRA, et al., 2006).

Essas relações apresentam diversos benefícios para as plantas, ocorrendo várias interações metabólicas positivas, para o desenvolvimento e estado nutricional pela planta. Apresenta maiores atividades enzimáticas, taxa fotossintética, substâncias reguladoras de crescimento vegetal, resistência a estresse causado por fatores bióticos (doenças e pragas) e abióticos (temperaturas, déficit hídrico e nutricional), aumenta o volume de solo explorado, e proporciona um maior desenvolvimento extrarradicular dos micélios “expandindo” o sistema radicular da planta. Disponibiliza nutriente e água para as plantas, proporciona uma melhor adaptação das espécies aos ecossistemas e uma maior capacidade de sobrevivência de mudas ao transplântio (VARGAS & HUNGRIA, 1997; SILVEIRA & FREITAS, 2007).

A eficiência e a infectividade simbiótica da micorrização dependem da sua compatibilidade com a espécie vegetal e seus exudatos (flavonóides) liberados pelas raízes, do meio de cultivo, do tipo de solo, do estado nutricional, da idade, do grau de fertilização do solo (nível de P disponível) e do manejo do FMAs dentre outros fatores ambientais. Além disso, a ocorrência de espécies em condições naturais é bastante frequente, colonizar a maioria das espécies tropicais cultivadas como: soja, feijão, café, citros, mandioca, cana-de-açúcar, forrageiras tropicais, leguminosas e espécies florestais. Essas associações são componentes naturais importantes dos ecossistemas tropicais e subtropicais, desempenha papel fundamental na sua funcionalidade e sustentabilidade (VARGAS & HUNGRIA, 1997; SILVEIRA & FREITAS, 2007).

Os solos brasileiros apresentam grandes limitações nutricionais, principalmente de nitrogênio e fósforo. Com a alteração e degradação dos solos tropicais, ocorre a necessidade de racionalizar o uso da terra e melhorar a qualidade ambiental, seja pela implantação de espécies nativas, ou exóticas. Ou através da resiliência desses ecossistemas ao longo do tempo, que ocorre em consequência das condições naturais favoráveis, promovida pela microbiota do solo. Principalmente pela comunidade fúngica, de ocorrência natural mesmo em solos alterados, podendo maximizar a

eficiência do uso de insumos para o estabelecimento de espécies em solo degradados, acelerando o processo de resiliência (VARGAS & HUNGRIA, 1997).

Do ponto de vista agrônômico, a micorrização apresenta grande importância para o cenário agrícola brasileiro, eleva a disponibilidade de nutrientes dos solos por aumentar a zona de absorção das raízes mediante o desenvolvimento das hifas (JUNIOR et al., 2010). Um processo de grande importância tem sido a disponibilidade de fósforo, através da solubilização, mecanismo desenvolvido por alguns grupos de fungos que produzem ácidos orgânicos, dissolve o fosfato de rochas naturais, disponibilizando-o para as plantas, na forma iônica na solução do solo, podendo diminuir custos de produção e maximizar a eficiência do uso de fósforo (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; SILVEIRA & FREITAS, 2007; FIGUEIREDO et al., 2008; CHAGAS JUNIOR et al., 2010).

2.7- RIZÓBIOS

As bactérias conhecidas genericamente como rizóbios podem viver saprofiticamente no solo, sendo capazes de usar diferentes fontes energéticas para seu metabolismo. Entretanto, podem formar associações simbióticas com plantas leguminosas, e fixar nitrogênio atmosférico e disponibilizadndo-o para o sistema solo/plantas. Esses micro-organismos, originalmente, pertenciam à família Rhizobiaceae, divididos em dois grupos: os de crescimento rápido como o gênero *Rhizobium* e os de crescimento lento, os *Bradyrhizobium*. Atualmente são conhecidos 12 gêneros e 62 espécies, os gêneros mais conhecidos são: *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azospirillum*, *Azorhizobium* e *Allorhizobium* (FIGUEIREDO et al., 2008; RUMJANEK et al., 2006).

No solo das regiões tropicais e temperadas existe naturalmente uma grande diversidade de rizóbios, porém, é possível que as populações sejam mais expressivas nas áreas tropicais, devido à elevada taxa de lixiviação favorecendo o processo de Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN), uma vez que o N do solo é um fator que limita a fixação de N₂. São estimada uma população de 10⁹ bactérias por gramas de solo, que compõe uma grande diversidade de espécies de rizóbios, nas áreas cultivadas (RUMJANEK et al., 2005).

Os rizóbios, em associação com espécies, formam nódulos nas raízes e colonizam uma ampla faixa de plantas hospedeiras. Como por exemplo, o feijão caupi

[(*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)], que é colonizado por diferentes grupos de bactérias *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*. Esses micro-organismos foram encontrados numa ampla faixa do Nordeste brasileiro, das áreas mais amenas até o semiárido, mostrando a tolerância dessas estirpes que desenvolveram mecanismos de sobrevivência em condições adversas da região (RUMJANEK et al., 2005; VIEIRA et al., 2008).

A biodiversidade de rizóbios proporciona diversos benefícios às plantas, principalmente em ambientes tropicais que apresenta baixa disponibilidade de nitrogênio. A relação simbiótica das bactérias com as diferentes espécies vegetais auxiliam na proteção contra pragas e patógenos, disponibiliza nutrientes como o nitrogênio e o fósforo por bactérias ou pelas micorrizas, além disso, plantas em simbiose são mais suscetíveis aos fatores ambientais (XAVIER et al., 2006; SOUZA, 2010).

2.8- FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO (FBN)

A FBN consiste na conversão do N₂ atmosférico a nitrogênio fixado, para assimilação ou estocagem na planta. Esse processo é mediado por algas, fungos e bactérias de diferentes grupos ecológicos, de vida livre, simbióticos e associativos, que apresentam o complexo enzimático a nitrogenase, que promove a reação de quebra dos átomos de nitrogênio à temperatura ambiente, utilizando energia dos processos fotoquímicos (FIGUEIREDO et al., 2008).

Vários gêneros de bactérias e alguns de fungos são descritos como fixadores de nitrogênio em espécies de leguminosa e não leguminosas, os principais são: *Bradyrhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium* e o *Rhizobium*, gênero cujas espécies colonizam o feijão caupi. Cada estirpe de rizóbio apresentar especificidade simbiótica com as espécies de leguminosas, com maior ou menor tolerância a taxas de O₂ (VARGAS & HUNGRIA, 1997). Para as leguminosas arbóreas tropicais, a nodulação ocorrer dependendo da subfamília, como: *Caesalpinioideae* apenas 23% fixam N, enquanto para as *Mimosoideae* com 90% e as *Papilionoidea* com 97% (FIGUEIREDO et al., 2008; VARGAS & HUNGRIA, 1997).

Os nódulos são estruturas especializadas em sintetizar a nitrogenase, complexo enzimático composto por duas proteínas, a dinitrogenase (Mo-Fe proteína) e a dinitrogenase redutase (Fe-proteína) (VARGAS & HUNGRIA, 1997; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; SILVA et al., 2011). A formação dos nódulos ocorre pela

colonização das raízes pelos rizóbios do solo, atraídos por sinais químicos (quimiotaxismo) dos exudatos que são liberados pelas leguminosas hospedeiras, ativa o gene da nodulação da bactéria que vive no solo. Após a colonização, se multiplica em torno dos pelos radiculares, que se encurva e envolve esses rizóbios e forma o cordão de infecção em direção às células do córtex, onde são transformados em bacteróides e, posteriormente nos nódulos (FIGUEIREDO et al., 2008). Nem todas as bactérias que estão dentro dos nódulos transformam-se em bacteróides, permanece na forma de bacilos, e após a senescência dos nódulos que se desprendem das raízes, multiplicam-se e colonizam outras plantas (VARGAS & HUNGRIA, 1997; FIGUEIREDO et al., 2008).

Os nódulos apresentam diferentes formas e tamanho, essa característica é determinada pela leguminosa hospedeira, como: a esférica (de crescimento determinado) e de forma alongada (de crescimento indeterminado). Estas estruturas são mecanismos desenvolvidos durante o processo evolutivo, que regulam as taxas de O_2 , que pode desativar a enzima nitrogenase, depende da sua concentração, afetando a FBN. A segunda estratégia bioquímica é a produção da leghemoglobina desenvolvida pelas células vegetais que regular a taxa de O_2 (VARGAS & HUNGRIA, 1997; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; FIGUEIREDO et al., 2008;).

O nitrogênio é um dos elementos que mais influencia no crescimento vegetal, encontrado em baixa disponibilidade em solos tropicais, no entanto, estimativas mostram que para produção de 1000 kg de grão de soja é necessário aproximadamente 80 kg de N (FIGUEIREDO et al., 2008; EMBRAPA, 2007; SILVA et al., 2011). As fontes de N via fertilizantes são mais facilmente assimiladas pelas culturas, porém, apresentam baixa eficiência pois a cada 100 kg de N estima-se que 50 kg são perdidos pelos processos de lixiviação e pelas transformações para a forma gasosa (volatilização) e desnitrificação (EMBRAPA, 2007).

E para garantir uma boa produtividade, a agricultura tornou-se cada vez mais dependente do uso de fertilizantes, que aumenta os custos de produção e os danos ambientais. O uso de espécies de leguminosas com alta eficiência em fixar nitrogênio vem se tornando cada vez mais frequente, as quais podem ser usadas em consórcios ou como adubos verdes nos sistemas de produção de plantio direto, rotação de cultura e está sistemas agroflorestais. Essas alternativas visam maximizar a produção com a

melhor relação custo/benefício e menor impacto ambiental (HUNGRIA et al., 2007; NOVAIS et al., 2007; FIGUEIREDO et al., 2008).

Do ponto de vista agrícola a FBN é a fonte de nitrogênio mais importante nos sistemas naturais. As estimativas mostram que aproximadamente 50% de toda a entrada de N utilizada no planeta é atribuídas a FBN (NOVAIS et al., 2007; EMBRAPA, 2007). Porém, a relação micro-organismo/planta apresenta varias limitações dos fatores bióticos e abióticos do solo, que influenciam a sobrevivência e a capacidade competitiva das populações nativas do solo e das introduzidas ao meio ambiente na forma de inoculantes. Entre os fatores abióticos encontram-se a temperatura, manejo do solo, umidade, salinidade, pH, luminosidade (fotossíntese), enquanto os fatores bióticos estão relacionados às populações nativas e aos fatores genéticos das espécies (FREIRE FILHO et al., 2005).

2.9- BIOTECNOLOGIA APLICADA A AGRICULTURA

A biotecnologia consiste num conjunto de técnicas aplicadas para alteração controlada e a otimização do uso de organismos vivos, células e moléculas para a geração de produtos e processos. Seus resultados são aplicados, a fim de melhorar as formas de cultivos, maximiza a produção e otimizando a relação custo benefício. Na agricultura a biotecnologia é aplicada sob forma de inoculante (SILVEIRA et al., 2005).

A modernização da agricultura foi caracterizada pelas inovações mecânicas e químicas, considerados os pilares da revolução verde, proporcionando desenvolvimento social e econômico, porém, causa problemas ambientais e insustentabilidade nos sistemas de produção. O surgimento da “biotecnologia moderna” foi marcado pela genética molecular, gera aumento da produtividade agrícola, reduz custo de produção, e melhora a qualidade dos alimentos, por adotarem técnicas mais sustentáveis e menos agressiva ao meio ambiente (SILVEIRA et al., 2005).

Cerca de 80 a 95% dos processos que ocorrem no solo, é mediada por microrganismos, essa biodiversidade são os principais responsáveis pela resiliência dos ecossistemas naturais, fatores determinantes do estado de sustentabilidade ambiental (ARAÚJO & MELO, 2012; NANNIPIERI et al., 2003). A biotecnologia através do uso de organismos geneticamente modificado (OGM) e dos inoculantes, proporcionaram grandes contribuições para nova era da agricultura moderna, e possibilita uma maior qualidade dos alimentos e melhor qualidade de vida (FIGUEIREDO et al., 2008).

Os inoculantes são produzidos a partir da utilização de microrganismos (bactérias e fungos) que apresentam o potencial de promoção de crescimento vegetal, e competem com a população nativa do solo. As estirpes utilizadas nesse processo são classificadas e recomendadas pela Rede de Laboratórios para Recomendação, Padronização e Difusão Agrícola (RELARE). As principais espécies bacterianas recomendadas são distribuídas entre alguns gêneros; *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Mesorhizobium*, *Bradyrhizobium* e *Azorhizobium*, dos quais são descritas 54 espécies sendo 23 do gênero *Rhizobium*, 11 do gênero *Sinorhizobium*, 12 do gênero *Mesorhizobium*, 6 do gênero *Bradyrhizobium* e 2 do gênero *Azorhizobium* (TOLEDO et al., 2009).

Os principais inoculantes fungicos (micorrízicos) disponíveis são: *Entrophospora colombiana* e *Glomus manihotis*, recomendados para pastagens e culturas tropicais; as *Gigaspora margarita*, *Glomus clarum* e *Glomus etunicatum*, indicados para o cafeeiro e mudas de arbóreas tropicais. Pesquisa tem mostrado a elevada eficiência simbiótica da estirpe *G. margarita* em associação com o cafeeiro de até 97%. A micorrização disponibiliza elementos de crescimento como o fósforo, o nitrogênio, e auxilia na proteção das plantas contra pragas e doenças, por proporcionam uma maior resistência em condições adversas do ambiente (VARGAS & HUNGRIA, 1997; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; FIGUEIREDO et al., 2008). Portanto, a biotecnologia através da inoculação é utilizada, para melhoria da qualidade dos solos, reduzir o uso de fertilizantes nitrogenados, os custos de produção, diminuir os danos ambientais e auxiliar na recuperação dos solos degradados.

Com a diminuição da capacidade produtiva dos solos brasileiros tornou necessário o uso de insumos modernos na agricultura, como: os corretivos, os defensivos e, principalmente, os fertilizantes nitrogenados, fosfatados ou potássicos. A tecnologia de inoculantes associados às culturas agrícolas tem gerado resultados satisfatórios, tanto do ponto de vista econômico como ambiental. A cultura da soja, é o grande exemplo do uso de microrganismos sob forma de inoculantes, se tornando um dos sistemas mais sustentáveis da agricultura moderna, cujo N requerido pela cultura é proveniente da FBN (FIGUEIREDO et al., 2008). Além da aplicação em cultivos de grande escala, inoculação também têm sido utilizados por culturas de subsistência como caupi, apresenta efeitos satisfatórios de produção, porém, ainda são pouco utilizados (FIGUEIREDO et al., 2008; MELI & ZILLI, 2009). Outro aspecto que gerou grande

“dependência” de fertilizantes na agricultura brasileira foram os fertilizantes fosfatados e potássicos, que para atender esta demanda são importados o equivalente a 50 % dos fertilizantes a base fósforo e 90 % a base de potássio (FIGUEIREDO et al., 2008).

A produção de biofertilizante é uma alternativa viável de fonte de fósforo, mediante o uso de adubos químicos, reduzindo custos de produção e danos ambientais. Ele é produzido a partir de rocha moída (biotita e apatita), adicionado o enxofre elementar e inoculado com a bactéria *Acidithiobacillus thiooxidans*, que produz biologicamente ácido sulfúrico oxidando o enxofre e disponibilizando P e K no solo (FIGUEIREDO et al., 2008; STANFORD, et al., 2008).

2.10- SISTEMAS AGROFLORESTAIS

Os sistemas agroflorestais (SAF's) são formas de cultivo, que buscam otimizar o uso da terra conciliando a preservação da vegetação com a produção de alimentos. Eles são formados pelo plantio em consórcio de diferentes espécies vegetais, nativas ou exóticas, arbóreas ou herbáceas, frutíferas ou florestais e, principalmente, culturas agrícolas como: milho, feijão, mandioca entre outras, com ou sem a presença de animais (ABDO et al., 2008). Esse sistema de cultivo passou a ser bastante difundido em todo o mundo a partir da década de 80, com a criação do Centro Internacional de Pesquisa em Sistemas Agroflorestais – ICRAF, em 1977, em Nairobi – Quênia (DANIEL et al., 1999; FLORENTINO et al., 2007).

Essa forma de cultivo é bastante difundida, principalmente, pela agricultura familiar nas diferentes regiões do País. No Nordeste, o uso intensivo do solo pelo desmatamento e exploração agrícola, reduziu de maneira drástica a cobertura vegetal nativa, diminuiu a fertilidade do solo, a diversidade de microrganismos e causou a degradação do Bioma Caatinga (MENEZES & SAMPAIO, 2002; ARRAÚJO et al., 2011). Os SAF's constituem uma alternativa de conservação de baixo custo, quando comparados ao sistema convencional, por apresentar menores perdas de solo por erosão, redução no uso de agroquímicos, aumento do acúmulo de serrapilheira, aporte de C e N, e o retorno de nutrientes ao solo, elevando o potencial produtivo (BERTALOT et al., 2003; PEREIRA & RODRIGUES, 2011).

As espécies que são amplamente utilizadas nos SAF's são as leguminosas arbóreas e arbustivas, que apresentam grande importância ecológica, por formarem associações simbióticas com bactérias diazotróficas (rizóbios), capazes de fixar N₂

atmosférico disponibilizando-o para as plantas e melhorando as condições físicas e químicas do solo (FIGUEIREDO et al., 2008; VARGAS & HUNGRIA, 1997). Além de melhorar a qualidade do solo, as espécies com potencial para confecção de feno e silagem também são utilizadas como forrageiras, variando de acordo com a região do país e com a finalidade do sistema. Algumas das principais espécies utilizadas nos SAF's são: leucena (*Leucaena leucocephala*), gliricídia (*Gliricidia sepium*), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) acácia (*Acacia mangium*), feijão guandu (*Cajanus cajan*), eritrina (*Erithrina poeppigiana*), crotalária (*Crotalaria juncea*), (LAMÔNICA & BARROSO, 2008).

Esse sistema de cultivo vem sendo utilizado em diferentes regiões do Brasil, no reflorestamento de vegetações nativas e na reabilitação de áreas degradadas, principalmente para diversificação da produção agrícola de subsistência. Estudos têm mostrado, resultados satisfatórios da utilização dos SAFs' no reflorestamento de áreas de reserva legal, mostra a viabilidade econômica do sistema em SP (RODRIGUES et al., 2007). No acúmulo de nutrientes no solo pela espécie de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.) em Pernambuco (FERREIRA et al., 2007), em sistema multiestratificado com espécies de interesse pela agricultura familiar em Igarapé-Açu no estado do Pará (VIEIRA, et al., 2007). E em quintais agroflorestais e conservação de plantas da Caatinga pela agricultura familiar de subsistência em Caruaru - PE (FLORENTINO et al., 2007) e SAFs' em áreas de cacau e pastagens em Camarões, considerados uma inovação agrícola para acultura (JAGORET et al., 2012).

A utilização desse sistema de manejo apresenta um aspecto de grande importância econômica, ecológica e social, permite a presença constante de cobertura vegetal e diversificação de espécies, melhora a sustentabilidade agrícola com efeitos diretos sobre os diversos atributos do solo e contribuindo com a manutenção do homem no campo (ARAÚJO & MELO, 2012).

2.11- PRODUÇÃO AGRÍCOLA - CAUPI

O Brasil é uma das maiores potências agrícolas mundiais, dos mais diversos produtos, desde os mais tecnificados até os que são consumidos de forma “in natura”. Dentre as principais culturas de importância para o cenário agrícola brasileiro, o feijão de corda ou feijão caupi, apresenta aspectos culturais históricos, bastante representativos para as regiões norte e nordeste, principalmente, nas áreas semiáridas brasileiras

(VIEIRA et al., 2008; RODRIGUES et al., 2012). Estimativas da produção nacional de feijão, incluindo o feijão comum (*Phaseolus vulvaris* L.) e o feijão caupi *Vigna unguiculata* (L) Walph na safra 2011/2012 ficou em torno de 3,137 milhões de toneladas, houve uma queda de 595,4 mil toneladas em relação à safra anterior (CONAB, 2012).

O País é considerado o maior produtor mundial de feijão, responde por cerca de 15 % da produção mundial e também o maior consumidor, apresentando na década de 90 um consumo em torno de 16,2 kg/habitante/ano (VIEIRA et al., 2007). Com um pequeno aumento em 2010, situou-se na ordem de 17,06 kg/habitante/ano. O feijão é cultivado em todos os estados da federação, no Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Goiás, apresentando oscilações na produção devido à sazonalidade, que ger três safras por ano, além disso, a estiagem e o baixo preço ocasionaram diminuição das áreas cultivadas reduz a produção de grãos (EMBRAPA, 2012).

Além do feijão-comum, o feijão-caupi tem sido bastante cultivado, nas regiões norte e nordeste e representa uma excelente alternativa de exploração agrícola por pequenas propriedades que compõe a agricultura de subsistência, responsável por cerca de 70 % da produção nacional (CONAB, 2012). Além de apresentar uma grande importância socioeconômica e ambiental, por ser o principal componente da alimentação humana, e excelente fonte de proteínas de 23 a 25 %, com todos os aminoácidos essenciais.

Além disso, é uma cultura tolerante as condições de pouca fertilidade, estresse hídrico e salinidade dos solos, cultivada em uma ampla faixa tropical e subtropical, está presente em 65 Países dos diferentes continentes, da Ásia, Oceania, sudeste da Europa, África, sudeste dos EUA, América Central e América do Sul. A cultura é adaptada às diferentes regiões do país, tanto em clima seco na região semiárida do nordeste, como em clima úmido na região norte, bem adaptada também no cerrado e em pequenas áreas do Rio Grande do Sul. No semiárido brasileiro, o caupi é geralmente cultivado em agricultura de sequeiro ou em consórcio com outras culturas como milho (*Zea mays*), a mandioca (*Manihot esculenta*) e em SAF's. Apesar da grande importância para a região nordeste, a produtividade ainda é baixa em função do baixo nível tecnológico, escassez de água e baixa fertilidade dos solos que compromete a produtividade (FREIRE FILHO et al., 2005).

A disponibilidade hídrica é um dos principais fatores que afeta o acúmulo de matéria seca, e principalmente, no período crítico de maior exigência hídrica e nutricional da cultura, que é durante o florescimento e o enchimento dos grãos, no entanto, estudos mostram que uma irrigação adequada, corrigindo e adubando o solo é possível atingir uma produtividade satisfatória (FREIRE FILHO et al., 2007).

A importância do caupi, e os grandes entraves que limitam sua produção, motivaram pesquisas através do melhoramento genético, para o desenvolvimento de cultivares tolerantes as condições edafoclimáticas da região nordeste (FREIRE FILHO et al., 2005). Algumas cultivares que foram desenvolvidas para essa região são: IPA 207 e a IPA 206, bastante utilizada devido ao potencial de produção em condições de baixo nível tecnológico, por fixar o nitrogênio de forma natural e atingir níveis satisfatório de produção (FREIRE FILHO et al., 2005).

A eficiência da FBN na cultura do caupi é registrada nas diversas regiões do País, apresenta eficiência na produção, como em trabalho realizado em Roraima, utilizando a estirpe BR3262 (ZILLI, et al., 2009); em PE com a estirpe BR 3267, proporcionando um aumento de 40 % e chega a (700 Kg/ha) em relação a testemunha (500 Kg/há⁻¹) (RUMJANEK et al., 2006).

A adoção da prática de inoculação das sementes com estirpes de bactéria eficientes na (FBN), tem elevado a produtividade e a renda do produtor rural, cuja produção depende exclusivamente dos nutrientes do solo, especialmente no semiárido nordestino, gerando grandes perspectivas no aumento do rendimento de grãos, das diferentes culturas, auxilia na melhoria da fertilidade do solo (VARGA & HUNGRIA, 1997).

3- REFERÊNCIAS

ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas Agroflorestais e Agricultura Familiar: Uma Parceria Interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, p. 50-59, 2008.

ANDREOTE, F. D.; AZEVEDO, J. L.; ARAÚJO, W. L. Assessing the diversity of bacterial communities associates with plants. **Brazilian Journal of Microbiology**, p.417- 432, 2009.

- ARAÚJO FILHO, J. A. DE.; SOUSA, F. B. DE.; SILVA, N. L. DA.; BEZERRA, T. S. Avaliação de leguminosas arbóreas, para recuperação de solos e repovoamento em áreas degradadas, Quixeramobim-CE. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Vol.2 No.2, 2007.
- ARAÚJO, A. S. F.; MELO, W. J. **Biomassa microbiana do solo**. Teresina, v. 1, p. 150, 2012.
- ARAÚJO, E. R.; SILVA, T. O. DA; MENEZES, R. S.C; FRAGA, V. DA S.; SAMPAIO, E. V. S. B. Biomassa e nutrição mineral de forrageiras cultivadas em solos do semiárido adubados com esterco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.15, n.9, p.890–895, 2011.
- ASSIS JÚNIOR, S. L.; Zanuncio, J. C.; Kasuya, M. C. M.; Couto, L.; Melido, R. C. N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.27, n.1, p.35-41, 2003.
- BRAHMAPRAKASH, G. P.; SAHU, P. K. Biofertilizers for Sustainability. **Journal of the Indian Institute of Science** v. 92:1, 2012.
- CHAGAS JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, L. A; OLIVEIRA, A. N; WILLERDING, A. L. Capacidade de solubilização de fosfatos e eficiência simbiótica de rizóbios isolados de solos da Amazônia. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 32, n. 2, p. 359-366, 2010.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, oitavo levantamento, maio 2012 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2012.
- DANIEL, O.; COUTO, L.; GARCIA, R.; PASSOS, C. A. M. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v.23, n.3, p.367-370, 1999.
- EMBRAPA. FARIAS, S. M.; UCHÔAS, E. S. Indicação de Estirpes Eficientes na fixação de nitrogênio para espécie de múltiplo – atualização ano base 2006. (**Documentos** 228), Seropédica – RJ, 2007.
- FERNANDES, M. S. **Nutrição Mineral de Plantas**. Viçosa-MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 432p. 2006.

- FERREIRA, R. L. C.; LIRA JUNIOR, M. DE A.; ROCHA, M. S. DA; SANTOS M. V. F.; LIRA, M. A.; BARRETO, L. P.; deposição e acúmulo de matéria seca e nutrientes em serapilheira em um bosque de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.7-12, 2007.
- FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. L.; STANFORD, N. P.; SANTOS, C. E. R. S. **Microrganismo e Agrobiodiversidade: O Novo Desafio Para a Agricultura**. Guaíba: AGROLIVROS, 568 p. 2008.
- FLORENTINO, A. T. N.; ARAÚJO, E. L. A. & ALBUQUERQUE, U. P. Contribuição de Quintais Agroflorestais na Conservação de Plantas da Caatinga, Município de Caruaru, PE, Brasil, **Acta Botânica Brasileira**. 21(1): 37-47, 2007.
- FRANCO, A. A.; DIAS, L. E.; FARIAS, S. M. DE.; CAMPELO E. F. C.; SILVA, E. M. R. DA; Uso de leguminosas Florestais Noduladoras e Micorrizadas Como Agente de Recuperação e Manutenção da Vida no Solo: Modelo tecnológico. **Oecologia Brasiliensis**. Vol.1, p.459-467, 1995.
- FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: Avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica, 519p. 2005.
- GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. DE S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. Brasília: Serviço Florestal Brasileiro, 368p. 2010.
- HUANTE, P.; CECCON, E.; OROZCO-SEGOVIA, A.; SÁNCHEZ-CORONADO, M. E.; ACOSTA, I.; RINCÓN, E.. The role of arbuscular mycorrhizal fungi on the earlystage restoration of seasonally dry tropical forest in chamela, Mexico. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.2, p.279-289, 2012.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados, 2007. 80p. (Documentos, 283).
- JAGORET, P.; MICHEL-DOUNIAS, I.; SNOECK, D.; NGNOGUE, H. T.; ZIEUX, E. M.. Afforestation of savannah with cocoa agroforestry systems: a small-farmer innovation in central Cameroon. **Agroforest Syst**. 2012.

- KNUPP, A. M.; FERREIRA, E. P. B. Eficiência da quantificação do carbono da biomassa microbiana por espectrofotometria comparada ao método titrimétrico. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. v.6, n.4, p.588-595, 2011.
- LAMÔNICA, K. R.; G. B. DEBORAH. Sistema agrofloresta: Aspectos básicos e Recomendações. **Programa Rio Rural**, Manual Técnico 07, Niterio-RJ, 2008.
- LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. DA. Ecologia e conservação da Caatinga. In: TABARELLI, M; SANTOS, A. M. M. Variáveis múltiplas e desenho de unidades de conservação: Uma Prática urgente para a cultura . Ed. **Megadiversidade**, v. 1, p.735-776, 2005.
- LEITE, F. R. B; SOARES, A. M. L.; MARSTINS, M. L. R.; Áreas Degradadas Susceptíveis aos Processos de Desertificação no Estado do Ceará. **Anais do VII SBRS**, 1993.
- LINS, C. E. L., MAIA, L. C., CAVALCANTE, U. M. T.; SAMPAIO, E. V. S. B. Efeito de Fungos Micorrízicos Arbusculares no Crescimento de Mudas de *Leucaena leucocephala* (LAM.) DE WIT. Em Solos de Caatinga Sob Impacto de Mineração de Cobre. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.2, p.355-363. 2007.
- MATIAS, M. C. B.; SALVIANO, A. A. C.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F. Biomassa microbiana e estoque de C e N do solo sob diferentes sistemas de manejo no Cerra do Estado de Piauí. **Acta Scientiarum. Agronomy**. v. 31, p.517-521, 2009.
- MELO, S. R.; ZILLI, J. E. Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 9, p.1177-1183, 2009.
- MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. DE S. B. Simulação dos fluxos e balanços de fósforo em uma unidade de produção agrícola familiar no semi-árido paraibano. In: SILVEIRA, L. M.; PETERSEN, P.; SABOURIN, E. (ed.). **Agricultura familiar e agroecologia no semiárido**: Avanços a partir do agreste da Paraíba. Rio de Janeiro: AS-PTA, p.249-260, 2002.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – **EMBRAPA**. Recuperação de pastagens degradadas Disponível em: <http://www.agrosustentavel.com.br/downloads/recuperacao_de_pastagens_degradadas.pdf>. Acesso em 20 de janeiro de 2013.

- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, UFLA, 2006. 626p.
- NANNIPIERI, P.; ASCHER, J.; CECCHERINI, M. T.; LANDI, L.; PIETRA M., G.; RENELLA, G. Microbial Diversity And Soil Functions. **European Journal of Soil Science**, 54, 655–670, 2003.
- NOVAIS, R. F.; VICTOR, H. A. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. 1ª Ed. Viçosa-Minas Gerais. Sociedade Brasileira de ciência do Solo, p. 1017, 2007.
- PALUDO, R.; COSTABEBER, J. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**. v. 7, 63-76p.2012.
- PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S.-C. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 13, n. 41, p. 102-110, 2011.
- RAMOS, A. P. S. **Bactérias associadas a variedades de cana-de-açúcar cultivadas em Pernambuco: diversidade genética e produção de ácido indol acético**. Dissertação (Mestre em Ciência do Solo) – UFRPE, Recife-PE, 2011.
- RAMOS-ZAPATA, J. A.; ZAPATA-TRUJILLO R.; ORTIZ-DIAZ, JUAN J.; GUADARRAMA, P. Arbuscular mycorrhizas in a tropical coastal dune system in Yucatan, Mexico. **Fungal Ecology**. p. 256-261, 2011.
- RODRIGUES, A. C.; ANTUNES, J. E. L.; MEDEIROS, V. V.; BARROS, B. G. F.; FIGUEIREDO, M. V. B. Resposta da co-inoculação de bactérias promotoras de crescimento em plantas e *Bradyrhizobium sp.* Em caupi. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 196-202, 2012.
- RODRIGUES, E. R.; CULLEN JR., L.; BELTRAME, T. P.; MOSCOGLIATO, A. V.; SILVA, I. C. avaliação econômica de sistemas agroflorestais implantados para recuperação de reserva legal no pontal do Paranapanema, São Paulo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.5, p.941-948, 2007.
- RUMJANEK, N. G.; MARTINS, L. M. V.; XAVIER, G. R.; NEVES, M. C. P. Fixação biológica do nitrogênio. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Eds). **Feijão-Caupi: avanços tecnológicos**. Brasília: Embrapa, p.281-335, 2006.

RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; NEVES, M. C. P.; MORGADO, L. B. **Feijão-caupi tem uma Nova Estirpe de Rizóbio, BR 3267, Recomendada como Inoculante.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 15. Seropédica – RJ. 2006.

SANPAIO, D. R.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B. Avaliação de indicadores biológicos de qualidade do solo sob sistema de cultivo convencional e orgânico de frutas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. p.353-359, 2008.

SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais.** 2ª Ed. rev. atual. Porto Alegre: Metrópole, 2008.

SANTOS, M. A. DOS. **Recuperação de solo salino-sódico por fitorremediação com *Atriplex nummularia* ou aplicação de gesso.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2012.

SILVA, A. F.; CARVALHO, M. A. C.; SCHONINGER, E. L.; MONTEIRO, S.; CAIONE, G.; SANTOS, P. A. Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 404-412, 2011.

SILVA, A. R. DA; SOUSA, S. A. DE; SOUZA, D. J. A. T.; LEMOS, A. S.; COLLIER, L. S. Fertilidade do solo em agrofloresta após sucessão leguminosas: Consórcio mandioca e caupi, no Sul do Tocantins. **Journal of Biotechnology Biodiversity**. v. 2, n.2: p. 44-51, 2011.

SILVEIRA, A. P. D.; FREITAS S. S. **Microbiota do Solo e Qualidade Ambiental.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas – IAC. São Paulo. p. 312, 2007.

SILVEIRA, J. M. F. J.; CARVALHO, B. I.; BUAINAIN, A. M. Biotecnologia e agricultura da ciência e tecnologia aos impactos da inovação. **São Paulo em Perspectiva**, v. 19, n. 2, p.101-114, 2005.

SOUSA, C. A. **Solubilização de fósforo por bactérias endofíticas.** Dissertação (mestre e ciência do solo). UFRPE, Recife - PE, 2010.

STAMFORD, N. P.; MOURA, P. M.; LIRA JÚNIOR, M. A.; SANTOS, C. E. DE R. S.; DUENHAS, L. H.; GAVA, C. A. T. Chemical attributes of an Argisols of the Vale do São Francisco after melon growth with phosphate and potash rocks biofertilizers. **Horticultura brasileira**, v. 27, n. 4, 2009.

TOLEDO, B. F. B.; MARCONDES, J.; LEMOS, E. G. DE M. Caracterização de rizóbios indicados para produção de inoculantes por meio de sequenciamento parcial do 16S rRNA. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.4, p.384-391, 2009.

VARGA, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 524 p. 1997.

VIEIRA, T. T. A.; ROSA, L. S.; VASCONCELOS, P. C. S.; SANTOS, M. M.; MODESTO, R. S. Sistemas agroflorestais em áreas de agricultores familiares em Igarapé-Açu, Pará: caracterização-florística, implantação e manejo. **Acta Amazonica**. vol. 37(4) 549 – 558, 2007;.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V; RIBEIRO J. R. A.; RUMJANEK, N. G. Especificidade Simbiótica Entre Rizóbios e Acessos de Feijão-caupi de Diferentes Nacionalidades. **Caatinga Mossoró**, v.19, n.1, p.25-33, 2006.

ZILLI, J. E.; CAMPO, R. J.; GIANLUPPI, V.; HUNGRIA, M. **Nodulação e Rendimento de Grãos da Cultura da Soja no Cerrado de Roraima em Função do Tratamento de Sementes com Fungicidas**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 16p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 15), 2009.

ZILLI, J. E.; MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G. R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. vol. 39, n.4, p. 749-758, 2009.

CAPÍTULO I

Avaliação da influência de rizóbios no crescimento e nodulação de mudas de leucena e sabiá

RESUMO - A redução da biodiversidade e a degradação ambiental têm sido ocasionadas pela expansão da agricultura e uso incorreto do solo, e formas alternativas de cultivo associada à inoculação são utilizadas para incremento da sustentabilidade. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação de rizóbios na formação de nódulos e crescimento de mudas de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). O experimento foi conduzido em viveiro na UFRPE/UAST, utilizando sementes desinfestada, submetidas à quebra de dormência com água a 70 °C e inoculadas com rizóbios nativos (S1LRJ, S1003) e recomendados pela EMBRAPA (Semia 6069 e BR 3405). Foram semeadas 5 sementes em sacos de polietileno preto de 20 x 12 cm com solo, realizando desbaste 10 dias após a germinação deixando uma planta por saco. O delineamento foi em blocos casualizados com quatro repetições. As mudas foram mantidas em viveiro e molhadas diariamente durante quatro meses. Foram avaliadas a altura das plantas (AP), diâmetro do colo (DC), número de folhas (NF), número de nódulos (NN), massa seca parte aérea (MSPA), massa seca raiz (MSR), massa seca nódulos (MSN) e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Os dados foram submetidos à análise de variância e teste de tukey a 5% de probabilidade. Foi observada para leucena uma maior influência da inoculação com rizóbios recomendados para os parâmetros AP, NF, NN, H/D e MSPA. Apesar da baixa nodulação, a interação positiva evidenciou a eficácia da estirpe de rizóbio Semia 6069 para as mudas de leucena. Para as mudas de sabiá, observou-se aumento para o DC, NF e o IQD, evidenciando a maior competitividade para a estirpe S1003. A inoculação influenciou o crescimento das mudas, podendo melhorar sua qualidade e estabelecimento das espécies em campo.

Palavras-chave: produção de mudas, leguminosas arbóreas, fixação biológica de nitrogênio.

Evaluation of the influence of rhizobia on growth and nodulation of leucaena and sabiá seedlings

ABSTRACT - The reduction of biodiversity and environmental degradation have been caused by the expansion of agriculture and land misuse, and alternative forms of cultivation associated with the inoculation are used to increase sustainability. In this context, the aim of this study was to evaluate the effect of rhizobial inoculation on nodule formation and growth of seedlings of leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit) and sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.). The experiment was conducted in greenhouse in UFRPE / UAST using seeds desinfested submitted to break dormancy with water at 70 ° C and inoculated with rhizobia (S1LRJ, S1003) and recommended by EMBRAPA (BR Semia 6069 and 3405). 5 seeds were sown in black polythene bags of 20 x 12 cm with soil, performing thinning 10 days after germination leaving one plant per bag. The design was a randomized complete block design with four replications. The seedlings were kept in greenhouse and watered daily for four months. Were evaluated height of the plants (AP), diameter (DC), leaf number (NF), number of nodules (NN), dry mass (MSPA), root dry mass (MSR), dry nodules (MSN) and Dickson Quality Index (IQD). Data were submitted to ANOVA and tukey test at 5% probability. Was observed for leucaena a greater influence of recommended rhizobia inoculation for parameters AP, NF, NN, H/D and MSPA. Despite the low nodulation, positive interaction evidenced the effectiveness of rhizobia strain Semia 6069 for leucaena seedlings. For mimosa, there was an increase for DC, NC and IQD, showing the greater competitiveness for strain S1003. Inoculation influenced seedling growth, thus improving its quality and establishment of the species in the field.

Keywords: seedling production, tree legumes, biological nitrogen fixation

1- INTRODUÇÃO

O uso de leguminosas arbóreas associadas à inoculação tornou-se uma estratégia bastante eficiente na revegetação e estabelecimento natural das espécies, melhorando a dinâmica de ciclagem de nutriente e aumentando a biodiversidade dos ecossistemas. O conhecimento do potencial das espécies associadas aos recursos biotecnológicos é de grande relevância, para o entendimento dos mecanismos de interação dos microrganismos dentro do sistema solo-planta-atmosfera, para auxiliar a sucessão natural, e contribuir para o uso mais sustentável dos recursos naturais (ARAÚJO FILHO et al., 2007; FIGUEIREDO et al., 2008; PEREIRA & RODRIGUES, 2012).

Para o restabelecimento da diversidade de espécies nas áreas desmatadas, a atividade biológica tem sido bastante estudada em associação com as plantas. A revegetação ocorre através da semeadura direta ou da produção de mudas, amplamente utilizadas em programas de reflorestamento. Uma espécie bastante utilizada nas regiões semiáridas é sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth), leguminosa nativa da Região Nordeste que apresenta múltipla utilização, de crescimento rápido, alta capacidade de regeneração e tolerância à seca (CARVALHO, 2007; LORENZI, 2009). Outra espécie que vem sendo utilizada na reabilitação de solos degradados é a leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) Wit.), originária do México encontrada nas regiões tropicais, bastante adaptada às condições edafoclimáticas do semiárido, também de múltipla utilização, na alimentação animal (fonte de reserva nutricional) e adubação verde (DRUMOND & RIBASK, 2010).

A utilização de microrganismos promotores de crescimento vegetal exerce função de grande importância no estabelecimento inicial das espécies em solos degradados, associados às sementes e as mudas (FIGUEIREDO et al., 2008). Pesquisas mostram que a inoculação de *Rhizobium* em substrato não fertilizado com nitrogênio produz muda com menor tempo e custo de produção, melhor aspecto nutricional, maior quantidade de raízes e maior número de nódulos quando comparados com as plantas não inoculadas (SCREMIN-DIAS et al., 2006). Também em estudo com rizóbios foram observado a eficiência da inoculação na disponibilidade de N em mudas de tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong), e a tolerância ao estresse salino do crescimento de mudas de leucena, sob diferentes concentrações de sais na água da irrigação (MOREIRA et al., 2012; CARVALHO & STAMFORD, 1999). E para a inoculação mista de rizóbios e micorrizas no crescimento inicial de plantas de angico

(*Anadenanthera peregrina*) do cerrado apresentou respostas satisfatórias na produção de biomassa quando comparada ao controle (GROSS et al., 2004). Porém, a eficiência da inoculação depende de fatores químicos, físicos e das interações desses microssimbiontes com as espécies hospedeiras.

Os parâmetros utilizados para estimar a qualidade de mudas, principalmente de espécies arbóreas, são: altura das plantas, diâmetro do caule, números de folhas, massa seca raiz e parte aérea, além disso, também são observados em leguminosas, número e peso de nódulos e comprimento das raízes. Para garantir um bom estabelecimento em campo é importante conhecer os fatores que afetam a capacidade de adaptação e a qualidade das mudas. O índice de qualidade de Dickson (IQD) é avaliado através da relação entre os parâmetros de crescimento (DICKSON et al., 1960; MORAIS et al., 2012).

Os fatores que afetam os parâmetros de crescimento das mudas em viveiro podem ser: a semente (tamanho, vigor e potencial genético), o substrato utilizado, o volume do substrato ou solo a disponibilidade hídrica e salinidade, o fotoperíodo (taxa fotossintética e produção de fotoassimilados) e o controle fitossanitário (VARGAS & HUNGRIA, 1997; FIGUEIREDO et al., 2008). Além disso, a presença de microrganismos no substrato ou pela inoculação de rizóbios ou fungos micorrízicos arbusculares, pode exercer funções importantes em associação com a planta e auxiliar na disponibilidade de nutrientes. Desenvolvendo mecanismo de resistência sistêmica em plantas, contra pragas e doenças que pode ser reduzida em até 70% (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; FIGUEIREDO et al., 2008).

Em solos tropicais são insipientes estudos com leguminosas, por que a maioria dessas espécies é nodulada por estirpes nativas de baixa eficiência. O sucesso de quaisquer organismos em qualquer habitat ocorre em função da rapidez e extensão das suas respostas fisiológicas as condições ambientais existentes (MOREIRA; SEQUEIRA, 2006; FIGUEIREDO et al., 2008).

Portanto, constata-se a importância de pesquisas referentes aos processos de produção de mudas em viveiro associado á inoculação, os benefícios e os fatores que interfere na sua qualidade (PEZZUTTI et al., 1999). Neste contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar a influência da inoculação de rizóbios na nodulação e crescimento de mudas de leucena e sabiá.

2- MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em viveiro, na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco - UAST/UFRPE. O município está localizado a “07° 59’ 31” latitude sul e 38° 17’ 54” longitude oeste, situado a uma altitude de 429 metros, denominado de Baixo Sertão do Pajeú. O mês chuvoso compreende de janeiro a julho e os meses mais seco de agosto a dezembro, com temperatura média anual de 25,2 °C, máxima 32,8 °C e mínima 20,1 °C, precipitação em torno de 642 mm anuais e umidade relativa do ar de 63 %. Ele está inserida na região Semiárida constituída pela vegetação de Caatinga do tipo xerófita, herbácea e lenhosa de pequeno porte (CPRM, 2005).

Foram produzidas mudas de espécies arbóreas, leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) e sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) utilizando sementes inoculadas com rizóbios. Para tanto, foi utilizado um solo coletado no Campus da UAST, nas camadas de 0-20 cm, cuja caracterização química foi: pH 1:2,5 em água 7,21; P 380 mg dm⁻³, Na⁺ 0,06 cmol_c dm⁻³; K⁺ 0,56 cmol_c dm⁻³; (Ca⁺² + Mg⁺²) 4,40 cmol_cdm⁻³; Ca⁺² 2,85 cmol_c dm⁻³; Mg⁺² 1,55 cmol_c dm⁻³ Al⁺³ 0 cmol_c dm⁻³. O solo foi peneirado e colocado em sacos de polietileno de cor preto com dimensões 20 x 12 cm, totalizando 144 mudas.

Para a produção das mudas as sementes passaram pelo processo de desinfestação, com álcool etílico a 70% por 30 segundos, imersas em hipoclorito de sódio a 1% por 1 minuto, posteriormente foram feitas 10 lavagens com água destilada para retirar o excesso do hipoclorito (HUNGRIA & ARAÚJO, 1994). Em seguida, submetidas à quebra de dormência através da temperatura, sendo emersas em água quente 70°C por 10 minutos. Em seguida, as sementes foram inoculadas com estirpes de rizóbio nativo (S1LRJ) e (S1003) da região semiárida município de Serra Talhada-PE e com estirpes recomendadas pela EMBRAPA (Semia 6069) e (BR 3405), respectivamente para leucena e sabiá, e utilizado como veículo de inoculação a turfa neutralizada e esterilizada.

Para inoculação das sementes foi usada uma solução de sacarose a 10% para auxiliar na aderência dos rizóbios nas sementes, que foram imersas na solução retirado o excesso e adicionando os inoculantes. Foram semeadas 5 sementes diretamente em cada saco de polietileno contendo 2 Kg de solo. A semeadura foi realizada no dia 19 de janeiro de 2012, e teve o início da germinação no 5ª dia, com desbaste 10 dias após a

germinação, deixando apenas uma planta, que foram irrigadas diariamente e mantidas em viveiro por 100 dias (Figura 1). O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC) com cinco repetições e três plantas por repetição, para cada espécie.

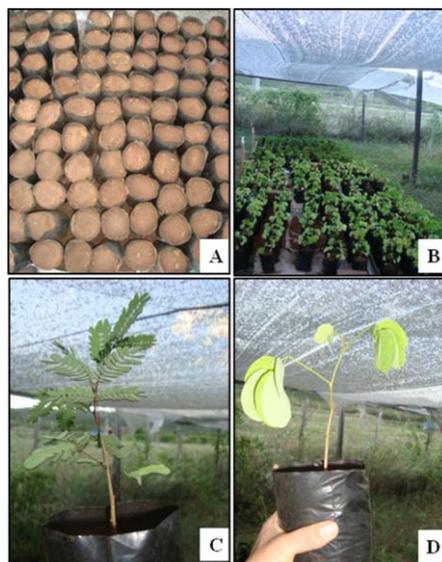


Figura 1: Produção de mudas em viveiro: **A)** sacos de polietileno contendo solo usado na produção das mudas; **B)** estande de plantas das mudas das arbóreas; **C e D)** mudas de sabiá e leucena respectivamente.

As mudas foram avaliadas através da análise destrutiva e pelos parâmetros de crescimento: altura das plantas (AP) com o auxílio de uma régua; diâmetro do colo das plantas (DC) usando paquímetro; o número de folhas (NF) e a relação altura e diâmetro (H/D). Para a avaliação destrutiva foram utilizadas 5 plantas de cada tratamento, separando parte aérea das raízes, e utilizado água corrente para obtenção dos nódulos que foram contados (NN) identificados e levados para a estufa de circulação forçada de ar a 60°C por 72 horas, para a determinado à massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca dos nódulos (MSN). Para avaliação da qualidade das mudas, foi utilizado o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), calculado pela relação dos parâmetros morfológicos como MST, MSPA MSR, H e D equação (DICKSON et al., 1960). Variáveis que foram analisados para as mudas de leucena e sabiá.

$$IQD = \frac{MST(g)}{\frac{ALT(cm)}{DLAM(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)}}$$

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa SISVAR, e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pode ser observado que não houve influência dos inoculantes usados no desenvolvimento das mudas de leucena Tabela 1, para o DC e o IQD, esses parâmetros são importantes para avaliar a qualidade das mudas e a “viabilidade” de seu estabelecimento em campo. Quanto maior o diâmetro do colo e menor a relação H/D, melhor será a qualidade das mudas IQD (MORAES et al., 2012). O que não foi evidenciado neste estudo para as mudas de leucena, resultado que também pode está relacionado como a idade e vigor das sementes, com a temperatura, e com o volume de solo (substrato) utilizado que limita o crescimento das raízes a disponibilidade hídrica e nutricional (MARCOS FILHO, 2005; ALVES et al., 2012). Como mostrado em trabalho também avaliando mudas de leucena em viveiro, que recipientes com menores dimensões apresentam menor altura de plantas, número de folhas, diâmetro do caule e matéria seca e que a melhor dimensão observada foi de 30 x 25 cm (OLIVEIRA et al., 2005).

Por outro lado, houve um aumento para o AP, NF e para ND, quando comparado os tratamentos tabela 1. Para esses parâmetros, possivelmente a área foliar favoreceu o aumento da atividade fotossintética, elevando a produção de fotoassimilados, a nodulação e altura das plantas. Em estudo com leucena utilizando a estirpe Semia 6069, também foi observado um aumento da nodulação sob condições de estresse em diferentes níveis de salinidade (CARVALHO & STAMFORD, 1999).

Para o acúmulo de biomassa, houve um incremento apenas para MSPA quando inoculada com a estirpe Semia 6069 tabela 1. Esse aumento poderá ter ocorrido em função da área foliar, da competitividade entre as estirpes e da baixa eficiência da FBN da população nativa (VARGAS & HUNGRIA, 1997). Tendo em vista, que ocorreu a formação dos nódulos mais não houve diferença para a MSN, sugerindo que a nodulação não implica na fixação é necessário que os nódulos estejam em atividade (FIGUEIREDO et al., 2008; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Tabela 1 – Nodulação e desenvolvimento de mudas de leucena inoculadas com estirpes de rizóbios em solo do semiárido de Pernambuco. **NF**- número de folha; **ND** – número de nódulos; **DC** – diâmetro do colo da planta; **AP** – altura da planta; **H/D** – relação altura da planta e diâmetro do colo; e o **IQD** – Índice de Qualidade de Dickson.

Estirpes de Rizóbios	AP	DC	NF	ND	Relação H/D	IQD	Massa seca		
							MSPA	MSR	MSN
S1LRJ	19,09 b	3,46 a	5,25 b	8,50 b	5,65b	0,38 a	1,27b	1,195 a	0,044 a
Semia 6069	22,21 a	3,33 a	6,08 a	15,42 a	6,93a	0,36 a	1,67a	1,31 a	0,050 a
CV (%)	11,02	23,43	15,59	47,88	20,69	37,62	26,54	42,04	66,31
MÉDIA GERAL	20,65	3,4	5,67	11,96	6,29	0,374	1,47	1,25	0,047

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para as mudas de sabiá a estirpe S1003 foi competitiva tanto quanto a BR 3405 para a AP e IQD, também influenciou no acúmulo de biomassa MSPA e MSR Tabela 2. Variáveis importantes que garantem um melhor desenvolvimento e estabelecimento da planta em campo. Em estudo com mudas de sabiá, também utilizando a estirpe BR 3405, foi observado um maior crescimento para altura da planta (SILVA, 2012). No entanto, neste trabalho a população nativa da área em estudo, apresentou um grande potencial de promoção de crescimento junto à espécie de sabiá.

Para os parâmetros DC, NF e H/D a estirpe S1003 foi mais competitiva, apresentando maior influência no crescimento das mudas tabela 2. Resposta que também pode está relacionada com o número de folha favorecendo o aumento do diâmetro do caule, com isso não diferindo quanto à qualidade das mudas. No entanto, é importante salientar que além da atividade efetiva da população de bactérias nativas do solo, a rusticidade da espécie de sabiá favoreceu o aumento dos parâmetros analisadas.

Para as mudas de sabiá a produção de nódulos foi baixa e em tamanhos muito pequenos, fator pode ter limitou o acúmulo de biomassa. Além disso, o volume de solo pode ter influenciado no estabelecimento da nodulação e FBN por limitar a disponibilidade de nutrientes principalmente do fósforo (BURITY, et al., 2000). Contudo, a eficiência rizobiana é dependente de vários fatores bióticos e abióticos, do potencial genético da espécie, qualidade dos exudatos, temperatura que afetam os estágios de desenvolvimento dos nódulos, da competitividade e da especificidade

simbiótica do microrganismo com o hospedeiro (FIGUEIREDO et al., 2008; SANTOS et al., 2007; SANTOS, 2012).

Tabela 2 – Desenvolvimento de mudas de sabiá inoculadas com estirpes de rizóbios em solo do semiárido de Pernambuco. **AP** – altura da planta; **DC** – diâmetro do colo da planta; **NF**- número de folha; Relação **H/D** – relação altura da planta e diâmetro; e o **IQD** – Índice de Índice de Qualidade de Dickson.

Estirpes de Rizóbios	AP	DC	NF	Relação H/D	IQD	Massa seca	
						MSPA	MSR
S1003	13,49a	3,66a	4,50a	3,67b	4,75a	0,95a	0,65a
BR 3405	14,48a	3,25b	3,83b	4,56a	4,00b	0,99a	0,74a
CV (%)	9,15	13,61	16,52	16,58	14,64	13,24	23,41
MÉDIA GERAL	13,98	3,46	4,16	4,11	4,37	0,97	0,69

Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4- CONCLUSÃO

Para as mudas de leucena a estirpe recomendada, Semia 6069, foi mais competitiva influenciando os parâmetros avaliados. Já para as mudas de sabiá a estirpe nativa, S1003, foi tão competitiva quanto a estirpe recomendada BR 3405, não apresentando diferença para a qualidade das mudas.

5- REFERÊNCIAS

- ALVES, A. S.; OLIVEIRA, L. S. B.; ANDRADE, L. A.; GONÇALVES, G. S.; SILVA, J. M. Produção de mudas de angico em diferentes tamanhos de recipientes e composições de substratos. **Revista Verde**, Mossoró – RN, v. 7, n. 2, p. 39-44, 2012.
- ARAÚJO FILHO, J. A.; SOUSA, F. B.. & SILVA, N. L.; BEZERRA, T. S. Avaliação de leguminosas arbóreas, para recuperação de solos e repovoamento em áreas degradadas, Quixeramobim – CE. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, p.1592-1595, 2007.
- BURITY, H. A.; LYRA, M. C. C. P.; SOUZA, E. S.; Mergulhão, A. C. E. S.; SILVA, M. L. R. B. Efetividade da inoculação com rizóbio e fungos micorrizas arbusculares em mudas de sabiá submetidas a diferentes níveis de fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.4, p. 801-807, 2000.

CARVALHO, F. G.; STAMFORD, N. P. Fixação do em leucena (*Leucaena leucocephala*) em solo da região semiárida brasileira submetida à salinização. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 23, p.237-243, 1999.

CARVALHO, P. E. R. Sabiá - *Mimosa caesalpinifolia*. EMBRAPA – CNPF. 10P. (EMBRAPA CNPF – Circular Técnico, 135). Colombo PR, 2007.

CPRM: **Serviço Geológico do Brasil**: Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água subterrânea de Pernambuco – Diagnóstico do município de Serra Talhada. Outubro de 2005. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/pernambuco/relatorios/SETA_148.pdf>. Acesso em 04 de fevereiro de 2012. As 13:04:00 h.

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

DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J. **Leucena (*Leucaena leucocephala*): leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro**. (Boletim Técnico - 142) Embrapa Semiárido Petrolina, PE, 2010.

FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. L.; STANFORD, N. P.; SANTOS, C. E. R. S. **Microrganismo e Agrobiodiversidade: O Novo Desafio Para a Agricultura**. Guaíba: AGROLIVROS, 568 p. 2008.

FILHO MARCOS, J. **Fisiologia de Sementes: de plantas cultivadas**. Ed. 12. Piracicaba: Fealq, p. 495, 2005.

GROSS, E.; L. CORDEIRO; CAETANO, F. H.. Nodulação e micorrização em *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* em solo de cerrado autoclavado e não autoclavado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.28, p.95-101, 2004.

HUNGRIA, M.; ARAUJO, R. S. Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Centro Nacional de Soja. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 542p. (EMBRAPA-CNPAF, Documentos, 46).

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, vol. 3, Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2009.

MORAES, W. W. C.; SUSIN, F.; VIVIAN, M. A.; ARAÚJO, M. M. Influência da irrigação no crescimento de mudas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p. 23-28, 2012.

- MOREIRA, F. T. A.; SANTOS, D. R. SILVA, G. H.; ALENCAR, L. S. Obtenção de estirpes de rizóbio eficientes na fixação de nitrogênio em tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong) (Fabaceae). **HOLOS**, Ano 28, Vol 4, 2012.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, UFLA, 626p. 2006.
- PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 13, n. 41, p. 102–110, 2012.
- PEZZUTTI, R. V.; SCNUMACHER, M. V.; HOPPE, J. M. Crescimento de mudas de *Eucalyptus globulus* EM resposta à fertilização NPK. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 117-125, 1999.
- SANTOS, M. A. DOS. **Recuperação de solo salino-sódico por fitorremediação com *Atriplex nummularia* ou aplicação de gesso**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2012.
- SANTOS, C. E. R. S.; STAMFORD N. P.; NEVES, M. C. P.; RUNJANEK, N.G.; BORGES W. L; BEZERRA. R. V. & FREITAS A. D. S. Diversidade de rizóbios capazes de nodular leguminosas tropicais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** v.2, n.4, p.249-256, 2007.
- SCREMIN-DIAS, E.; KALIFE, C.; HOLSBACK, M. Z. R.; SOUZA P. R. **Produção de mudas de espécies florestais nativas: manual**. Campo Grande, MS: Ed. UFMS, 59 p. 2006.
- SILVA, E. V. N. **Interação bactérias (MHB) e FMA: Estratégia para estimular a eficiência simbiótica e micorrização de sabiá**. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo). Recife – PE, 2012.
- VARGA, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planatilna: EMBRAPA – CPAC, 524 p. 1997.
- OLIVEIRA, R. M. B.; ARLINDO, D. M.; PEREIRA, I. E. Avaliação de diferentes tamanhos de sacos de polietileno sobre o desenvolvimento de mudas de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam). Dewit). **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 4, n.2, 2000.

Capítulo II

Utilização de leguminosas arbóreas em sistemas agroflorestal associadas à inoculação em consorcio com feijão-caupi

RESUMO – O manejo incorreto dos recursos naturais ocasionou grandes problemas ambientais, e a utilização de sistemas agroflorestais (SAFs) é uma alternativa para recuperação das áreas degradadas buscando a sustentabilidade dos ecossistemas. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inoculação de rizóbios e fungos micorrizicos arbusculares (FMA), associado às leguminosas arbóreas em sistema agroflorestal (SAF's), consorciadas com o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). A produção de mudas foi realizada em viveiro na UFRPE/UAST, utilizando as espécies de leguminosas arbóreas: leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.). As mudas foram plantadas em uma área experimental do Instituto Federal de Pernambuco – IFPE, Campus de Belo Jardim. A parcela foi composta por 8 arbóreas com espaçamento de 4,0 x 2,5 m, metade inoculada com (FMA) *Gigaspora margarita*, com delineamento em blocos casualizados (DBC) em arranjo fatorial de 2 (com e sem *G. margarita*) x 2 (rizóbios nativos e recomendados) x 4 (quatro épocas de avaliação) com 3 repetições em parcelas subdivididas. Aos 60 dias foi plantado o caupi IPA 206 inoculado com rizóbio (BR 3267) e espaçamento de 0,5 x 0,5 m, com delineamento em DBC com fatorial 4x2x2 (duas arbóreas inoculadas com rizóbio nativo e recomendadas, com e sem *G. margarita*, com e sem rizóbios para caupi). As avaliações das arbóreas foram realizadas na implantação, com 60, 120 e 180 dias sendo determinadas: altura da planta (AP), diâmetro do colo (DC) e a relação altura e diâmetro (RAPDC). E para o caupi foi avaliado o N total parte aérea, massa seca da parte aérea (MSPA), e produtividade (kg ha^{-1}), a respiração microbiana do solo (RMS) e o carbono orgânico. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando o teste de Tukey ao nível de 5%, aplicando análise regressão para avaliação de crescimento das arbóreas. Foi observado um maior desenvolvimento das mudas de sabiá, ocorrendo interação da inoculação mista para o DC e o RAPDC. Havendo efeito da BR 3267 apenas para MSPA do caupi, não influenciando no acúmulo de carbono orgânico e RBS.

Palavra chave: *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Mimosa caesalpinifolia* Benth., micorriza, áreas degradadas

Use of leguminous trees in agroforestry systems associated with inoculation in intercropping with cowpea

ABSTRACT- The mishandling of natural resources has caused major environmental problems, and the use of agroforestry systems (SAF's) is an alternative to recovery of degraded ecosystem seeking sustainability. In this context, the aim of this study was to evaluate the effect of inoculation with rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungi (FMA), associated with leguminous trees in agroforestry system (SAF's), intercropped with cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Seedling production was performed in greenhouse in UFRPE / UAST, using leguminous trees: leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit) and sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.). The seedlings were planted in an experimental area of the Instituto Federal de Pernambuco - IFPE, Campus of Belo Jardim. The plot was composed of eight tree with spacing of 4.0 x 2.5 m, half inoculated (FMA) with *Gigaspora margarita*, with a randomized block design (DBC) in factorial arrangement of 2x (with and without *G. margarita*) x 2 (native and recommended rhizobia) and x 4 (four evaluation periods) with 3 replications in split ot. At 60 days was planted cowpea cv. IPA 206 inoculated with rhizobia (BR 3267) and spacing of 0.5 x 0.5 m, with randomized block design in factorial 4x2x2 (two native trees inoculated with native and recommended rhizobia, with and without *G. margarita*, and with and without rhizobia to cowpea). The evaluations of trees were performed in the implatation, with 60, 120 and 180 days being determined: plant height (AP), stem diameter (DC) and the ratio of height and diameter (RAPDC). And for cowpea was evaluated shoot total N, shoot dry mass (MSPA), and productivity (kg ha^{-1}), soil microbial respiration (RMS) and organic carbon. Data were subjected to analysis of variance and means were compared using the Tukey test at 5%, applying regression analysis to evaluate growth of tree. Was observed highest development of mimosa seedling, occurring interaction of mixed inoculation for DC and RAPDC. Having effect of BR 3267 only to MSPA cowpea, not influencing the accumulation of organic carbon and RBS.

Keyword: *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., mycorrhiza, degraded areas.

5- INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é um dos temas mais discutidos na atualidade, frente ao aumento exponencial da população mundial e a necessidade de produzir mais alimentos por área cultivada. Medidas são adotadas para otimizar o uso da terra e conciliar a produção de alimentos com a preservação dos recursos naturais, através da diversificação das espécies associadas às diferentes formas de manejo. Estas medidas são consideradas alternativa viável que favorece o equilíbrio dos ecossistemas, por reduzir a agricultura migratória e garantir a sobrevivência das gerações futuras (XAVIER, 2006).

A vegetação de Caatinga é um dos principais biomas, que abrange grandes áreas do Nordeste brasileiro. Ela é formada por arbóreas e arbustos com características xerofíticas, composta por uma ampla diversidade de espécies de leguminosas, como a sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) múltiplo uso que apresenta grande importância ecológica auxiliando no estabelecimento de outras espécies. Já a leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) Wit) é uma espécie exótica de larga adaptação nas regiões tropicais, também de múltiplo uso, na alimentação animal, adubação verde, boa sobrevivência e tolerância as baixas precipitações (LEAL et al., 2005).

A diminuição da vegetação nativa provocou mudanças climáticas e degradação dos recursos naturais, perda da fertilidade do solo e desequilíbrio ambiental, tornando os sistemas agrícolas insustentáveis. Além disso, nas regiões semiáridas a escassez de água (seca) dificulta o desenvolvimento das plantas, o que reduz a diversidade de espécies (MENEZES & SAMPAIO, 2002; LINS et al., 2007). Diferentes formas de manejo foram adotadas como alternativa de cultivo para diminuir os impactos ambientais e recuperar as áreas degradadas.

Os Sistemas Agroflorestais SAF's são modelos de exploração agrícola formado pela associação com culturas anuais e espécies florestais de valor econômico, entre elas as leguminosas, uma alternativa de conservação de baixo custo utilizada principalmente por pequenos produtores. Essa forma de cultivo proporciona uma maior sustentabilidade ecológica e uma menor perda de solo, quando comparados aos sistemas convencionais, e busca otimizar os sistemas de produção de baixo nível de insumo, por disponibilizar nitrogênio na fase inicial de crescimento e favorecer o estabelecimento de outras espécies (FRANCO et al., 2002; FLORENTINO et al., 2007; SILVA et al., 2011). Os

SAF's contribuem para a acumulação e estoque de carbono e biomassa microbiana no solo, favorecendo a resiliência dos ecossistemas.

Uma das culturas agrícolas bastante utilizada nos SAFs' é o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), por apresentar elevada importância socioeconômica principalmente para à agricultura de subsistência. No Brasil ele é cultivado predominantemente nas Regiões Norte e Nordeste, e apesar de ser tolerante as condições de clima e solos destas regiões, ainda apresenta pequena produtividade 355 kg ha⁻¹ em função do baixo nível de tecnologia aplicada no cultivo, além da baixa fertilidade do solo que tem ocasionado severas restrições à exploração agrícola (FREIRE FILHO et al., 2005; ABDO et al., 2008; CONAB, 2008). Devido às condições limitantes para produção do caupi principalmente no semiárido, estudos através do melhoramento genético, possibilitou o desenvolvimento de cultivares tolerantes as condições edafoclimática da Região Nordeste em condições de sequeiro, como a cultivar IPA 206 bastante utilizada no estado de Pernambuco (FREIRE FILHO et al., 2005; NASCIMENTO et al., 2011).

A microbiologia associada às espécies agrícolas e florestais é uma alternativa viável do ponto de vista econômico e ambiental. As bactérias e os fungos exercem funções fundamentais na nutrição e estabelecimento das espécies em campo, nas regiões temperadas e tropicais que apresenta baixa disponibilidade de nitrogênio (XAVIER et al., 2006). Os fungos micorrizas arbusculares desempenham funções importantes junto as mais diversas espécies vegetais, e estão predominantemente associados às plantas lenhosas de ocorrência nas diferentes condições climáticas (FIGUEIREDO et al., 2008). As bactérias são encontradas nos mais diversos habitats, exercendo as mais variadas funções em simbiose com as plantas, tornando-as menos suscetível aos fatores ambientais, que favorece o crescimento das espécies e acelera a resiliência das áreas degradados (VARGAS & HUNGRIA, 1997; PEREIRA & RODRIGUES, 2012). Os rizóbios são bactérias do solo que formam nódulos em simbiose com leguminosas disponibilizando nitrogênio para as plantas, através da fixação biológica de nitrogênio (FBN) diminuindo os custos de produção e danos ambientais.

Portanto, o conhecimento da biodiversidade e o entendimento da dinâmica entre os ecossistemas são fundamentais para utilizar de forma racional os recursos naturais (FIGUEIREDO et al., 2008). Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da inoculação de rizóbios e fungos micorrizicos arbusculares, associado a

leguminosas arbóreas em sistema agroflorestal (SAF's) e consorciadas com o feijão-caupi.

2- MATERIAL E MÉTODOS

2.1- ÁREA EXPERIMENTAL

O Experimento foi conduzido em campo numa área experimental de 1080 m² do Instituto Federal de Pernambuco IF-PE, situado no município de Belo Jardim PE. Localizado a “08° 19, 92' Latitude Sul e 36° 25' 54” Longitude Oeste, com altitude de 670 metros, inserida na área geográfica de abrangência do semiárido brasileiro. A área geográfica é constituída pela vegetação de florestas Subcaducifólica e Caducifólia, típica do Agreste, características que foram delimitadas em função do índice pluviométrico, o índice de aridez e o risco de seca. Inserido nos domínios das bacias hidrográficas do rio Ipojuca e do rio Capibaribe (MIN, 2013).

2.2- ESPÉCIES UTILIZADAS

Foram utilizadas mudas de leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) que foram inoculadas com rizóbios (nativo - S1003 e S1LRJ e recomendado pela EMBRAPA - Semia 6069 e BR 3405 respectivamente) associadas à micorrização, formando um sistema agroflorestal SAF's, consorciado com o feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) IPA 206 como cultura alvo. Esta cultivar é recomendada para Pernambuco, sendo bastante tolerantes as condições edafoclimáticas do Estado, de porte semiereto com ciclo de 65 a 75.

A área experimental estava sob pousio há dois anos e o manejo utilizado era o pastejo, foi realizada uma aplicação de herbicida (Rundup®) 30 dias antes da implantação das mudas. As mudas de leucena e sabiá receberam inoculações com estirpes de rizóbios nativos e recomendados em tufa neutralizada e com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) com a espécie *Gigaspora margarita*, recebendo 250 esporos por saco de muda. O feijão caupi foi inoculado com a estirpe recomendada, BR 3267. No momento do plantio das mudas no campo, realizou-se uma adubação de fundação geral, com o biofertilizante contendo fósforo e potássio (PK) produzido a partir de rochas potássicas e fosfáticas moídas (biotitas e apatitas) inoculadas com *Acithiobacillus* (STAMFORD et al., 2009). Essa adubação foi feita acordo com as

análises do solo e a necessidade das culturas. O motivo do uso do biofertilizante foi para que o experimento não recebesse nenhum tipo de fertilizante solúvel.

Inicialmente, as mudas foram produzidas em viveiro na Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST/UFRPE, e sua implantação no campo foram realizadas 100 dias após o plantio, quando as mudas foram plantadas no campo num espaçamento de 4,0 x 2,5 m em covas com dimensões aproximadamente de 20 x 20 x 20 cm. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC) em fatorial de 2x (com e sem *G. margarita*) x 2 (rizóbios nativos e recomendados) e x 4 (quatro épocas de avaliação) com 3 repetições em parcelas subdivididas (figura 1). Para melhor desenvolvimento inicial das arbóreas, foi montado um sistema de irrigação por gotejamento, realizando os tratos culturais capina manual e o controle de formigas.

Após 60 dias da implantação das mudas das arbóreas foi introduzido o feijão-caupi, num espaçamento de 0,50 x 0,50 m com e sem inoculação com rizóbio. Foi preparada uma solução de sacarose a 10 %, na qual foram imersas as sementes de caupi IPA 206 por alguns minutos, retirando o excesso da solução e adicionando o inoculante BR 3267 da turfa. Foram semeadas três sementes por cova, formando um estande de trinta e duas covas por área útil em cada parcela subdividida e 1136 plantas em toda área experimental. Com delineamento em DBC em parcelas subdivididas com esquema fatorial de 4 (duas arbóreas inoculadas com rizóbios nativos e duas com os recomendados) x 2 (com e sem inoculação de *G. margarita*) x 2 (com e sem inoculação com rizóbios para caupi) (Figura 1).

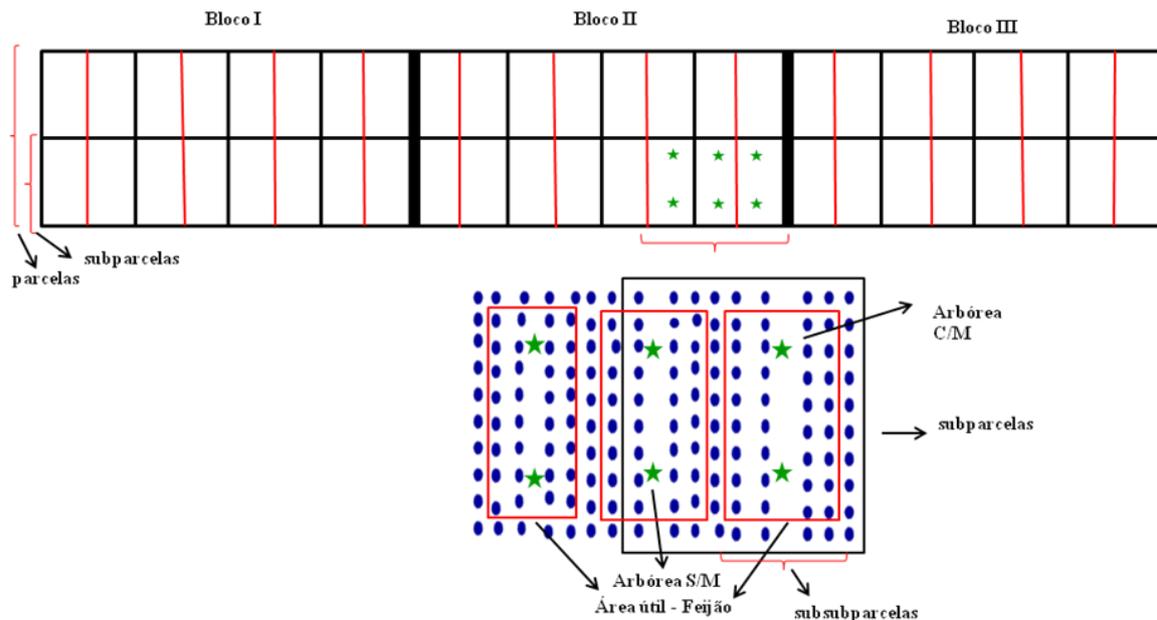


Figura 2: Croqui da área experimental utilizada para implantação do sistema agroflorestal em consórcio com feijão-caupi. Arbóreas **C/M** – com micorriza; e arbórea **S/M** – sem micorriza.

A avaliação de crescimento das mudas foi realizada durante a implantação, aos 60, 120 e 180 dias após o plantio, utilizando paquímetro e régua/trena, para medir os seguintes parâmetros: altura de planta (AP); diâmetro do colo da planta (DC) e a relação altura/diâmetro (RAPDC).

Para avaliação do caupi, foram coletadas cinco plantas de cada parcela subdivididas aos 45 dias após a emergência no período de floração. A coleta foi realizada na base do solo, os ramos colocados em sacos de papel devidamente identificados, submetidos a uma pré-secagem e levados para estufa de circulação de ar a 65°C por 72 horas. Após atingir o peso constante, foram retirados e pesados para avaliar a massa seca da parte aérea (MSPA) expressos em $g\ planta^{-1}$.

Para produtividade ($kg\ ha^{-1}$) de grãos, foi coletada uma fileira de cada parcela subdividida no período de amadurecimento das vagens. As quais foram identificadas, colocadas em sacos de papel submetidas a uma pré-secagem e levadas para secar em estufa de circulação de ar a 65° C por 72. Logo após, foram pesadas e realizada uma triagem. Os grãos forma pesados para determinando produtividade em ($kg\ ha^{-1}$)

Para determinação do N-total da parte aérea, as folhas e ramos foram moídos em micro-moinho tipo Willey, misturando as cinco plantas de cada tratamento e retirado um sub amostra para análise de N. Foi utilizado o método Kjeldahl, realizando digestão sulfúrica e leitura em espectrofotômetro a 697 nm (SILVA, 2009). A curva padrão foi feita utilizando concentrações de N (0; 0,25; 0,50; 0,75 e 1,0 mg).

Para avaliação da dinâmica do carbono e da respiração da biomassa microbiana do solo (RMS), foram coletadas amostras de solo na camada de 0-20 cm na linha das arbóreas. As quais foram peneiradas em malha de 2 mm, para retirar restos de animais e vegetais e utilizados na determinação dessas análises. Para obtenção do C orgânico do solo foi realizada segundo o método descrito por Yeomans & Bremner (1988), com dicromato de K em meio ácido como agente oxidante, e uma fonte externa de calor.

A respiração basal do solo foi avaliada em amostras umedecidas a 80 % da capacidade de retenção de água. Foram pesadas amostras de 50 g de solo em Becker de volume de 100 ml, para cada amostra foi utilizado 10 mL da solução de NaOH 1 M em recipiente de vidro de 100 ml. Cada amostra juntamente com o seu respectivo frasco contendo o NaOH 1 M, foram transferidos para recipiente com capacidade para 2L hermeticamente fechado, para que não haja trocas gasosas (figura 2A). Os quais foram acondicionados em caixa para evitar a luminosidade simulando as condições do solo e incubados durante 5 dias (Figura 2 B). Estimando o CO₂ liberado pela respiração, utilizando o NaOH 0,1 mol L⁻¹ dos frascos que foram incubados junto as amostras de solo, através da titulação com HCl 1 mol L⁻¹ e fenolftaleína como indicador (SILVA et al., 2007).



Figura 3: Procedimentos utilizados para determinação da biomassa microbiana do solo (RMS). A - incubação das amostra utilizando beckars de 100 ml para o solo e para a

solução de NaOH em recipiente vedado. **B** – armazenamento dos recipiente na ausência de luz.

Os dados foram submetidos à análise de variância, utilizando o SISVAR. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Aplicando análise de regressão para avaliação de crescimento das arbóreas em função do tempo.

1- RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1- AVALIAÇÃO DO CAUPI

Para o acúmulo de biomassa (MSPA) do feijão-caupi não foi observado influência das espécies arbóreas ou da inoculação destas com rizóbios e *G. margarita* (Tabela 1). Entretanto, a inoculação com a estirpe BR 3267 influenciou numa maior produção da biomassa seca da parte aérea, resultados semelhantes foram observados em estudo com inoculação mista de *Bradyrhizobium* e micorrização no feijão-caupi e feijoeiro aumentando a massa seca (SIQUEIRA et al., 2003). Em estudo também com a cultivar IPA 206 inoculada com a estirpe BR 3267 e co-inoculada com *Paenibacillus graminis*, promoveram um acúmulo de matéria seca da parte aérea, embora cultivada em viveiro (RODRIGUES et al., 2012). Outro tipo de interação que também foi observado aumento de massa seca na cultivar IPA 206, foi a inoculação de *Bradyrhizobium* associada à adubação orgânica utilizando biofertilizante (NASCIMENTO et al., 2012). Resultados que mostram a influência da inoculação no acúmulo de massa seca da parte aérea do feijão-caupi, auxiliando para um melhor rendimento da cultura.

Tabela 3. Avaliação da inoculação do feijão-caupi consorciado com arbóreas micorrizadas *G. margarita* em SAF's. Sabiá (**S1003** – nativo e **BR 3405** - recomendado) e leucena (**S1LRJ** - nativo e **Semia 6069** - recomendado) e para o caupi (BR 3267). **MSPA** – massa seca parte aérea; **N total** – nitrogênio total parte aérea e **grãos** – produtividade.

Tratamentos		MSPA (g planta ⁻¹)	N total (g kg ⁻¹)	Grãos (kg ha ⁻¹)
Sabiá	S1003	20,77a	12,64a	955,42a
	BR 3405	25,77 a	14,99a	1.352,37a
Leucena	S1LRJ	25,26 a	15,21a	1.116,62a
	Semia 6069	25,26 a	15,56a	964,65a
CV		29,59	44,17	53,01
IPA 206	Controle	22,75b	13,21a	1.082,49a
	BR 3267	23,88 a	15,99a	1.112,04a
CV		15,37	48,83	26,84
Micorrizas	Controle	22,92 a	14,05a	1.077,41a
	<i>G.margarita</i>	24,42 a	15,15a	1.117,12a
CV		21,32	56,39	23,16
Média Geral		23,32	14,6	1.097,27

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na vertical, e minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Embora havendo efeito positivo da inoculação do caupi para massa seca da parte aérea, não foi constatado acréscimo no teor de N total da parte aérea em nenhum dos tratamentos utilizados (Tabela 1). Em estudo também com feijão-caupi utilizando as estirpes BR 3262 ou BR 3267, foram observados que não houve incremento no acúmulo de N da parte aérea em campo (MELO & ZILLI, 2009). Resultados que mostram o potencial competitivo da população nativa de micro-organismo do solo na formação de nódulos nas raízes do caupi, mais que possivelmente não apresenta uma eficiência efetiva para FBN (VARGAS & HUNGRIA, 1997). Tendo em vista que a FBN é reconhecidamente eficiente em feijão-caupi quando a nodulação for bem efetiva, podendo até dispensar a adubação de fontes de nitrogênio (N) gerando economia e reduzindo danos ambientais (FREIRE FILHO et al., 2005). Neste estudo, não teve influência da inoculação com *G. margarita* nas arbóreas, por ainda está no primeiro ano de implantação do SAF, não havendo ainda um estabelecimento dos micro-organismos utilizados na inoculação. Além disso, os fatores de solo e clima também podem ter

influenciado para está resposta, tendo em vista que o caupi possui metabolismo C_3 e em condições de elevadas temperaturas ocorre a fotorrespiração reduzindo a taxa fotossintética e a produção de fotoassimilados, conseqüentemente afetando o rendimento da cultura (VARGAS & HUNGRIA, 1997).

Em relação ao rendimento de grãos, os tratamentos não exerceram influência sobre a produtividade do feijão-caupi (Tabela 1). Mostrando haver uma correlação entre acúmulo de N da parte aérea e produção de grãos, uma vez que, o nitrogênio é o nutriente que está diretamente relacionado com o aumento da biomassa vegetal e o enchimento dos grãos (GUALTER et al., 2008). Estes resultados também foram observados em estudos com adubação mineral e inoculação com *Bradyrhizobium elkanii*, mostrando que o número e a massa dos nódulos pode proporcionar uma FBN eficiente, disponibilizando N para as plantas (GUALTER et al., 2008). Neste estudo foi verificada uma produtividade média de 1.097 kg ha^{-1} , resultado semelhante também foi observado em diferentes cultivares de caupi, como a IPA 206 que apresentou uma produtividade média de 1.018 kg ha^{-1} (SANTOS et al., 2009).

3.2 - AVALIAÇÃO DAS ARBÓREAS

O desenvolvimento das espécies arbóreas em campo apresentou comportamento distinto para os diferentes parâmetros avaliados em função do tempo de crescimento. Foi observado para a altura das arbóreas um comportamento quadrático, verificando que as mudas de sabiá se sobressaíram em relação às mudas de leucena, apresentando uma melhor adaptação às condições de campo, sob influência das inoculações de rizóbios e micorrizas (Figura 3 A). Além disso, as plantas de sabiá são espécies pioneiras de crescimento rápido e originária do Nordeste, condicionando um melhor desenvolvimento das mudas sob estresse ambiental (PEREIRA & RODRIGUES, 2012). Para a leucena, além de ser uma espécie exótica foi observado a ocorrência do ataque de formigas que causaram injúrias nas folhas, reduzindo a área foliar e a atividade fotossintética, conseqüentemente afetando seu estabelecimento e desenvolvimento em campo. Comportamento semelhante a este estudo foi observado em trabalhos também com sabiá associada à micorrização, utilizando *G. margarita* com biofertilizante, que foram eficientes para o crescimento tanto quanto os fertilizantes solúveis (ARAÚJO, 2012).

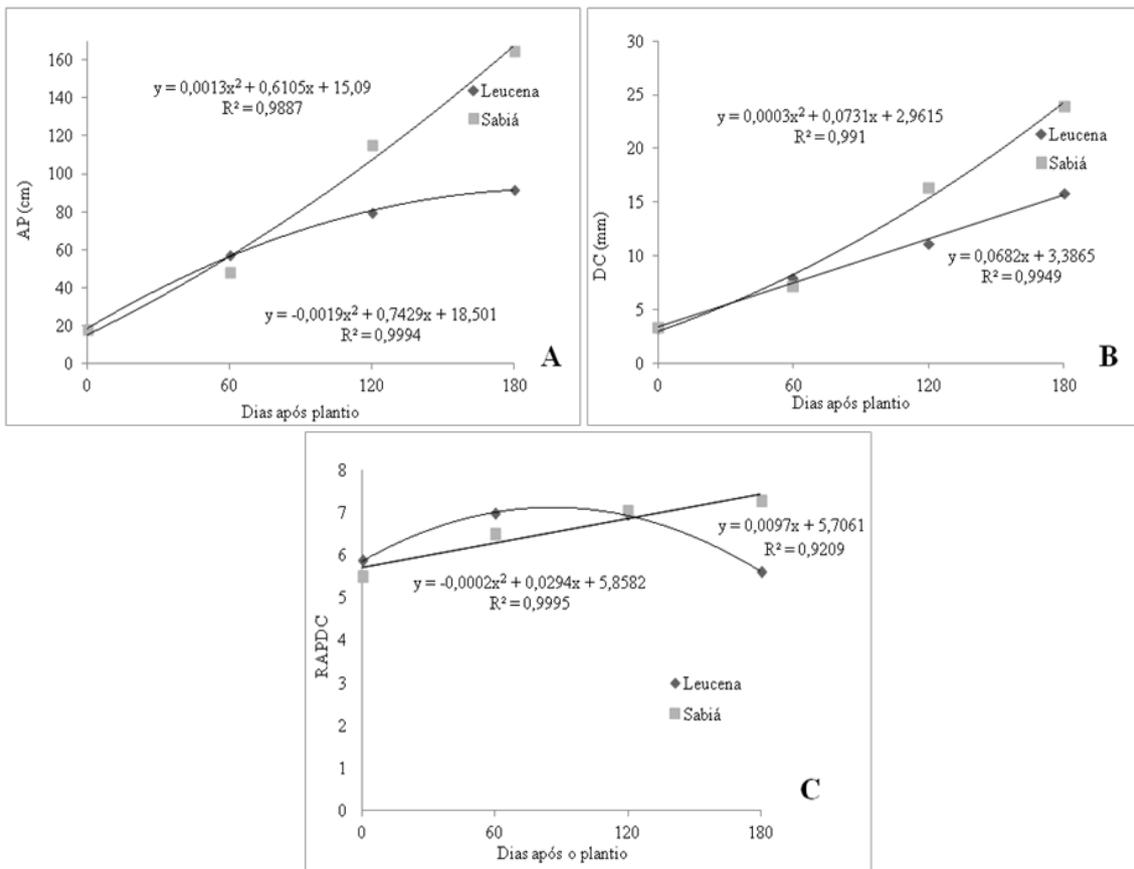


Figura 4: Avaliação dos parâmetros de crescimento das arbóreas leucena e sabiá em função do tempo. **A** - altura da mudas (AP); **B** – diâmetro do colo da planta (DC) e **C** – relação altura diâmetro do colo (RAPDC).

Para o diâmetro do caule também foi observado uma resposta mais expressiva para as mudas de sabiá, quando comparadas as de leucena que apresentou comportamento linear sob influencia das inoculações (Figura 3B). Em estudo também com espécie *M. caesalpinifolia* utilizada para recuperação de áreas degradadas, foi observado um melhor estabelecimento em campo e um melhor desenvolvimento da copa e diâmetro, quando comparada com as demais espécies avaliadas (PEREIRA & RODRIGUES, 2012). Neste estudo, foi observada uma maior adaptação e rusticidade das mudas de sabiá, apresentando importância ecológica, ao formar simbiose e criar um microclima favorável à sucessão natural das diferentes espécies auxiliando na resiliência dos ecossistemas naturais (CARVALHO, 2007). Além disso, a micro e macro fauna do solo também exercem influência ao aumentar ou inibir a eficiência da micorrização,

pois alguns organismos podem ser predadores das hifas, como as colêmbolas e vários hiperparasitas ou até mesmo outro grupos de fungos, diminuindo a viabilidade da micorrização no solo (SIQUEIRA & MOREIRA, 2006).

Outro parâmetro observado foi a relação altura da planta pelo diâmetro do caule RAPDC, também apresentando comportamento linear para as mudas de sabiá, se ajustando ao modelo da equação (Figura 3 **B**). Conferindo uma maior adaptação e estabilidade da espécie em campo, como também foi observado em estudos com sabiá mostrando a eficácia da espécie em condições adversas do ambiente, sob efeito da salinidade associada ou não a inoculação com rizóbios e FMA (SILVA, 2012). Enquanto para a leucena, esse comportamento ocorreu em função do baixo crescimento em diâmetro, parâmetro importante para avaliar a qualidade e o bom desenvolvimento da espécie em campo (Figura 3**B**). Esses resultados certamente também foram condicionados aos fatores genéticos de cada espécie, expressando seus fenótipos de acordo com os fatores abióticos e bióticos (micro e macrofauna do solo) como foi observado neste estudo uma grande diversidade de organismos (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Para os parâmetros avaliados houve interação da dupla inoculação rizóbio x fungos micorrízicos para o diâmetro do caule (DC) e a relação altura pelo diâmetro (RAPDC) para as mudas de sabiá, quando inoculadas com S1003 e *G. margarita*, não havendo efeito para inoculação isolada (Tabela 4). Este resultado mostra a importância da eficiência simbiótica entre os micro-organismos e com os hospedeiros, plantas micorrizadas geralmente apresentam um metabolismo mais elevado do que as não micorrizadas, capazes de fornecer maior quantidade de carboidratos e P fósforo aos Rizóbios favorecendo a simbiose e a eficiência da inoculação. Resultados semelhantes foram observados também para dupla inoculação em estudos com mudas de sabiá inoculadas com *Rhizobium* e *Glomus etunicatum* aumento a área foliar e altura da planta (BURITY et al., 2000). A resposta da interação das inoculações depende dos fatores de condições de cultivo, do potencial genético da espécie vegetal e da especificidade simbiótica dos microrganismos com as plantas (SIQUEIRA & MOREIRA, 2006).

Tabela 4. Avaliação das interações entre fungos micorrizicos arbusculares e rizóbios nas mudas de sabiá em função do tempo de crescimento (implantação, 60, 120 e 180 dias). **RAPDC** - relação da altura da planta pelo diâmetro do caule e diâmetro das plantas; **DC** – diâmetro do caule; **S1003** - estirpe nativa; **BR 3405**- estirpe recomendada; *G. margarita* (**C** – inoculada e **S** – não inoculação).

RAPDC					
Tratamentos		S1003 (Tempo)			
		0	60	120	180
<i>G. margarita</i>	C	3,25 b A α	7,21 ab A α	19,72 ab A α	26,53 a A α
	s	3,29 a A α	7,62 a A α	14,67 a A α	22,33 a A α
Tratamentos		BR 3405 (Tempo)			
		0	60	120	180
<i>G. margarita</i>	c	3,5 a A α	7,37 a A α	14,00 a A α	22,00 a A α
	s	3,17 a A α	6,71 a A α	17,10 a A α	24,81 a A α
DC					
Tratamentos		S1003 (Tempo)			
		0	60	120	180
<i>G. margarita</i>	c	17,83 b A α	47,67 ab A α	129,64 ab A α	170,06 a A α
	s	18,04 b A α	52,17 ab A α	114,53 ab A α	157,08 a A α
Tratamentos		BR 3405 (Tempo)			
		0	60	120	180
<i>G. margarita</i>	c	18,62 b A α	50,12 ab A α	95,92 ab A α	151,67 a A α
	s	16,75 b A α	43,12 b A α	121,53 ab A α	180,19 a A α

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na vertical, e minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

3.3- AVALIAÇÃO DO CARBONO ORGÂNICO E RESPIRAÇÃO MICROBIANA DO SOLO

Foi observado que não houve incremento do carbono orgânico e respiração microbiana do solo (RMS) nos diferentes tratamentos (Tabela 5). O aporte de carbono é oriundo da deposição de serrapilheira, decorrente da ação da atividade microbiana do solo. Neste estudo, em função do tempo de implantação do sistema agroflorestal não influenciou sobre o acúmulo e dinâmica do carbono em função da atividade microbiana do solo, já que esses parâmetros estão diretamente relacionados. Como foi observado em estudos com diferentes sistemas de uso da terra, ao avaliar a dinâmica do carbono orgânico e suas variações temporais, espaciais e em profundidade, observaram um incremento de C de acordo com o manejo do solo e maior tempo de deposição de serrapilheira com maior disponibilidade de C orgânico na solução do solo em SAF's,

quando comparados com outros sistemas de cultivos (MARQUES et al., 2012). O incremento das fontes de C em SAF's pode ser de origem animal ou vegetal, aumentando a dinâmica e biodiversidade dos ecossistemas, disponibilizando nutriente e favorecendo a sustentabilidade (NOVAIS et al., 2007; MARQUES et al., 2012; ARAÚJO & MELLO, 2012).

Tabela 5. Avaliação do carbono orgânico do solo, em amostras de solo do SAFs', sobre influência dos processos biológicos, consorciados com arbóreas inoculadas com micorrizas. Rizóbio nas mudas de sabiá (**S1003** – nativo e **BR 3405** - recomendado) e leucena (**S1LRJ** - nativo e **Semia 6069** - recomendado) e para o caupi (BR 3267). E a micorriza *G. margarita* usada no plantio.

Arbóreas	Tratamentos	C orgânico (mg planta⁻¹)	RMS (mg planta⁻¹)
Sabiá	S1003	19,86a	17,35 a
	BR 3405	17,60a	16,81a
Leucena	S1LRJ	19,53a	16,68 a
	Semia 6069	18,68a	15,56 a
CV		23,67	5,28
Micorrizas	Controle	18,55a	16,83 a
	<i>G. margarita</i>	19,29 a	17,15 a
CV		25,4	3,5
Média Geral		18,92	16,92

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na vertical, e minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Para a atividade microbiana através da (RMS) houve variação em função do acúmulo de serrapilheira (Tabela 3). Esse parâmetro responde as mudanças climáticas que retardar ou acelerar a atividade microbiana do solo, a espécie vegetal utilizada, a quantidade e qualidade dos exudatos liberados, o tipo de solo e as práticas agrônômicas (NAIR et al., 2009). Portanto, a dinâmica da produção de biomassa microbiana é um processo complexo, que ocorre em função de diversos fatores edáfico e se comporta de maneira diferente de acordo com o manejo adotado e tempo de cultivo, como observado em diferentes tempos em SAF's, com 6 meses, 9 e 13 anos de cultivo que apresentou uma elevada atividade microbiana (IWATA et al., 2010). Este estudo foi desenvolvido numa área de pousio, utilizada anteriormente com pastagem com elevada relação C/N, exercendo influência na atividade microbiana do solo, tendo em vista que a relação C/N mais indicada está em torno de 30:1 (NOVAIS et al., 2007; ARAÚJO & MELO, 2012).

Avaliando diferentes espécies arbóreas em floresta seca no México, foi verificado aumento na produção de biomassa em todas as espécies, independente das características funcionais que foram avaliadas, em áreas de pastagens abandonadas em solos tropicais, apresentando importância ecológica por aumentar a biodiversidade do solo (HUANTE et al., 2012).

Além disso, outro fator que exerce grande influência sobre a microbiota do solo é o uso de herbicida, dependendo do princípio ativo, da formulação, da dose utilizada e da sensibilidade dos micro-organismos ao produto (FIGUEIREDO et al., 2008; MOREIRA & SIQUEIRA, 2006; MONTEIRO et al., 2012). Neste estudo, foi aplicado herbicida (Roundup[®]) 30 dias antes da implantação do experimento, podendo ter causado efeito deletério sobre a comunidade microbiana do solo, inibindo o efeito da inoculação realizada nas arbóreas e no caupi. Resultado semelhante foi observado em estudos em feijão comum utilizando diferentes herbicidas e dosagem diminuindo a atividade microbiana do solo (MONTEIRO et al., 2012) e em estudos com soja (KUKLINSKY-SOBRAL, 2004). A maioria das combinações de fungicidas, quando aplicadas juntamente com *Bradyrhizobium*, pode reduzir a sobrevivência das bactérias no solo (EMPRAPA, 2011). Por outro lado, os fungos desenvolvem mecanismos de sobrevivência contra ação fungicida, formando capsula que envolve os esporos permitindo a colonização radicular, favorecer a eficiência da inoculação e promove o crescimento das plantas (SOUSA et al., 2009). Neste contexto, a adoção da inoculação mista associada aos sistemas de cultivo representa uma importante estratégia para preservação e recuperação de áreas degradadas, mediante o intenso uso do solo principalmente para agricultura base familiar.

4- CONCLUSÕES

O uso de inoculantes associados às espécies florestais não influenciaram na produtividade de grãos e acúmulo de N na parte aérea do feijão- caupi. Apenas a estirpe BR 3267 no cultivo de caupi promoveu aumento na massa da parte aérea.

As mudas de sabiá apresentaram um melhor estabelecimento e rusticidade em campo, quando comparadas com as mudas de leucena.

Houve uma interação para DC e RADPC, quando avaliado a inoculação conjunta para *G. margarita* e S1003, para as mudas de sabiá.

Para as características do solo, não houve incremento para o C orgânico e a (RMS) sob influência das inoculações em SAF's.

5- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de inoculantes é uma estratégia eficiente para o incremento na produção vegetal. Porém, é necessário o conhecimento dos fatores que interferem na dinâmica das interações dos micro-organismos dentro do sistema solo/planta/atmosfera. Para viabilizar a aplicação desses recursos e otimizar o seu uso em agrossistemas, diminuindo os custos com insumos externos, os danos ambientais, buscando dessa forma, a sustentabilidade dos sistemas de produção.

6- REFERÊNCIAS

ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas Agroflorestais e Agricultura Familiar: Uma Parceria Interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, p. 50-59, 2008.

ARAÚJO, A. S. F.; MELO, W. J. **Biomassa microbiana do solo**. Teresina, v. 1, p. 150, 2012.

ARAÚJO, R. DE. S. L. **Fungo micorrízico arbuscular e biofertilizantes no crescimento e nutrição da sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)**. Dissertação (mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, 2012.

BORGES, P. R. S.; SABOYA, R. DE C. C.; SABOYA, L. M. F.; SANTOS, E. R. DOS; SOUZA, S. E. A. DE. Distribuição de massa seca e rendimento de feijão-caupi inoculadas com rizóbio em gurupi, TO. **Revista Caatinga**, Mossoro, v. 25, n. 1, p. 37-44, 2012.

CARVALHO, P. E. R. Sabiá - *Mimosa caesalpiniaefolia*. EMBRAPA – CNPF. 10P. (EMBRAPA CNPF – **Circular Técnico**, 135). Colombo PR, 2007.

CONAB – **Companhia Brasileira de Abastecimento**. Oitavo levantamento de avaliação da safra 2007/2008. Brasília, CONAB, 2008. 22p. Disponível em <

http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra8_levamtamento_mai2008.pdf >. 30 Out. 2008.

FIGUEIREDO, M. V. B.; BURITY, H. L.; STANFORD, N, P.; SANTOS, C. E. R. S. **Microrganismo e Agrobiodiversidade: O Novo Desafio Para a Agricultura**. Guaíba: AGROLIVROS, 568 p. 2008.

FLORENTINO, A. T. N.; ARAÚJO, E. DE L. A; ALBUQUERQUE, U. P. DE. Contribuição de Quintais Agroflorestais na Conservação de Plantas da Caatinga, Município de Caruaru, PE, Brasil, **Acta Botânica Brasileira**. 21(1): 37-47, 2007.

FRANCO, F. S.; COUTO, L.; CARVALHO, A. F. DE; JUCKSCH, I.; FERNANDES FILHO, E. I.; SILVA, E.; NETO JOÃO, A. A. M. Quantificação de Erosão em Sistemas Agroflorestais e Convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 26, n.6, p.751-760, 2002.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J, A. A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: Avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa informação tecnológica, 519p. 2005.

GUALTE, R. M. R.; LEITE, L. F. C.; ARAPUJO, A. S. F. DE; ALCANTARA, R. M. C. M. DE; COSTA, D. B. Inoculação e adubação mineral em feijão-caupi: efeitos na nodulação, crescimento e produtividade. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n.4, p. 469-474, 2008.

HUANTE, P.; CECCON, E.; OROZCO-SEGOVIA, A.; SÁNCHEZ-CORONADO, M. E.; ACOSTA, I.; RINCÓN, E. The role of arbuscular mycorrhizal fungi on the earlystage restoration of seasonally dry tropical forest in chamela, Mexico. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.36, n.2, p.279-289, 2012.

IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L.A. P. L.; GEHRING, C; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16, n.7, p.730–738, 2010.

KUKLINSKY-SOBRAL, J. **A Comunidade Bacteriana Epifítica e Endofítica de Soja (*Glycine max*) e Estudo da Interação Endófito-Bactéria**. Tese (Doutorado) Genética e Melhoramento de Plantas. Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz – Piracicaba – SP., 2004

- LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C. DA; TABARELLI, M.; LACHER JR, THOMAS E. Mudando o Curso da Conservação da Biodiversidade na Caatinga do Nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, Nº, p.139-146, 2005.
- LINS, C. E. L., MAIA, L. C., CAVALCANTE, U. M. T.; SAMPAIO, E. V. S. B. Efeito de Fungos Micorrízicos Arbusculares no Crescimento de Mudanças de *Leucaena leucocephala* (LAM.) DE WIT. Em Solos de Caatinga Sob Impacto de Mineração de Cobre. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.2, p.355-363. 2007.
- MARQUES, J. D. DE O.; LUIZÃO, F. J.; TEIXEIRA, W. G.; FERREIRA, S. J. F.; Variações do Carbono Orgânico Dissolvido e de Atributos Físicos do Solo Sob Diferentes Sistemas de Uso da Terra na Amazônia Central. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 36:611-622, 2012.
- MELO, S. R.; ZILLI, J. E.; Fixação biológica de nitrogênio em cultivares de feijão caupi recomendadas para o Estado de Roraima. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.44, n.9, p.1177-1183, 2009.
- MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B. Simulação dos Fluxos e Balanços de Fósforo em uma Unidade de Produção Agrícola Familiar no Semi-árido Paraibano. In: Silveira, PETERSEN, L. M.; SABOURIN, P. E. **Agricultura Familiar e Agroecologia no Semi-árido: Avanços a Partir do Agreste da Paraíba**. Rio de Janeiro, RJ, p. 249-260, 2002.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2005. Disponível em <<http://www.mfrural.com.br/cidade/belo-jardim-pe.aspx>> Acesso em 10 de fevereiro de 2013.
- MONTEIRO, F. P. DOS R.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; R. M. RODRIGUES; SANTOS, G. R.; BORGES, C. L. F. Efeitos de herbicidas na biomassa e nodulação do feijão-caupi inoculado com rizóbio **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 3, p. 44-51, 2012.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, UFLA, 626p. 2006.
- NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. M.; NAIR, V. D. Agrofloresty as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Scienci**, v.172, p.10-23. 2009.

- NASCIMENTO, S. P.; BASTOS, E. A.; ARAÚJO, E. C. E.; FILHO FRANCISCO, R. F.; SILVA, E. M. Tolerância ao déficit hídrico em genótipos de feijão-caupi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.8, p.853–860, 2011.
- NOVAIS, R. F.; VICTOR, H. A. V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. 1ª Ed. Viçosa- Minas Gerais. Sociedade Brasileira de ciência do Solo, p. 1017, 2007.
- PEREIRA, J. S.; RODRIGUES, S. C. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 13, n. 41, p. 102–110, 2012.
- RODRIGUES, A. C.; ANTUNES, J. E. L.; MEDEIROS, V. V.; Benaia Gonçalves de França BARROS, B. G. DE F. Márcia do Vale Barreto. Figueiredo. Resposta da co-inoculação de bactérias promotoras de crescimento em plantas e *bradyrhizobium* sp. Em caupi. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 28, p. 196-202, 2012.
- SANTOS, J. F. DOS S.; GRANGEIRO, J. I. T.; BRITO, L. M. L. P.; OLIVEIRA, M. M. DE; OLIVEIRA, M. E. C. DE. Novas variedades de caupi para a microrregião do Brejo Paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**. João Pessoa, v.3, n.3, p.07-12, 2009.
- SILVA, A. R. DA; SOUSA, S. A. DE; SOUZA, D. J. A. T.; LEMOS, A. S.; COLLIER, L. S. Fertilidade do solo em agrofloresta após sucessão leguminosas: Consórcio mandioca e caupi, no Sul do Tocantins. **Journal of Biotechnology Biodiversity**. v. 2, n.2: p. 44-51, 2011.
- SILVA, E. E. DA; AZEVEDO, P. H. S. DE; DE-POLLI, H. Determinação da respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO₂). **Comunicado Técnico 99** – Embrapa, Seropédica RJ, 2007.
- SILVA, E. V. N. L. **Interação entre bactéria (MHD): Estratégias par estimular a eficiência simbiótica e micorrização de sabiá**. Dissertação (mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE 2012.
- SILVA, F. C. DA. **Manual de análise química de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 627p. 2009.
- SIQUEIRA, K. M. S.; TORRES, G. R. C.; PEDRASA, E. M. R.; MOURA, R. M. Interação entre *Meloidogyne incognita* Raça 2, *Glomus etunicatum* e Estierpes de

Rizóbios em Caupi (*Vigna unguiculata*) feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*). **Nematologia**, vol. 27, p.159-166, 2003.

STAMFORD, P. N.; IZQUIERDO, G. C.; FERNÁNDEZ, H. T. M.; MORENO, M. C. M. Biofertilizante de Rochas Fosfatadas e Potássicas com Enxofre e *Acidithiobacillus* In: FIGUEIREDO, B. V. M.; BURITY, A. H.; STAMFORD, P. N.; SILVA, S. R. E. C. **Microrganismos e Agobiodiversidade: o novo desafio para a agricultura**. Guaíba: Agrolivros, 2009.

VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planatina: EMBRAPA-CPAC, 524p. 1997.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V; RIBEIRO J. R. A.; RUMJANEK, N. G. Especificidade Simbiótica Entre Rizóbios e Acessos de Feijão-caupi de Diferentes Nacionalidades. **Caatinga Mossoró, Brasil**, v.19, n.1, p.25-33, 2006.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of carbon in soil. **Soil Science Plant Anal.**, v.19, p. 1467-1476, 1988.